

JOSÉ RENATO SOARES NUNES

**SISTEMA INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS
PARA O ESTADO DO PARANÁ**

Tese apresentada como requisito ao Programa
de Pós-Doutorado em Engenharia Florestal,
Setor de Ciências Agrárias, Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Viana Soares

CURITIBA

2007

dedico esse trabalho
à Avany, minha companheira
à Elisa e Ana, minhas filhas
aos meus amigos e incentivadores.

BIOGRAFIA DO AUTOR

JOSÉ RENATO SOARES NUNES, filho de Iracy Nunes e Yolanda Soares Nunes nasceu em Castelo, Estado do Espírito Santo, aos 29 de maio de 1955.

Concluiu o curso primário em 1965 no Grupo Escolar Nestor Gomes em Castelo, Espírito Santo.

Conclui o curso ginásial em 1969 no Colégio Estadual e Escola Normal João Bley, em Castelo, Espírito Santo.

Conclui o curso científico em 1972 no Colégio Estadual e Escola Normal João Bley, em Castelo, Espírito Santo.

Concluiu o curso técnico em contabilidade em 1972 no Colégio Comercial de Castelo, em Castelo, Espírito Santo.

Em 1973, ingressou na Universidade Federal de Viçosa, classificando-se em primeiro lugar no concurso vestibular para o curso de Engenharia Florestal.

Graduou-se em Engenharia Florestal no ano de 1976 na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Trabalhou na MANASA – Madeireira Nacional S/A, como Engenheiro Assistente dos Departamentos de Manejo Florestal e Silvicultura, no período de maio de 1977 a setembro de 1978, em Guarapuava, Estado do Paraná.

Em março de 1979, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal, na Universidade Federal de Viçosa, concluindo os requisitos necessários para o grau de "*Magister Scientiae*", em outubro de 1981.

De julho de 1981 a junho de 1983 fez Curso de Especialização em Informática na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De março a julho de 1984 foi professor da disciplina Redes de Computadores no Curso de Especialização em Teleinformática na Universidade de Brasília.

De janeiro de 1984 a abril de 1994 foi professor da disciplina Sistemas de Computação II – Sistemas Operacionais no Curso de Programação de Computador da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De janeiro de 1984 a abril de 1994 foi professor das disciplinas Sistemas de Computação e Redes de Computadores e Teleprocessamento no Curso de Análise de Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De agosto de 1984 a outubro de 1991 foi Coordenador do Grupo de Tecnologia Aplicada do Rio Datacentro na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

De março de 1992 a julho de 1993 foi Coordenador de Projetos e Gerente de Desenvolvimento de Sistemas da Cetil Informática S/A, no Rio de Janeiro.

De outubro de 1993 a julho de 1994 foi Diretor do Centro de Processamento de Dados da Universidade do Rio de Janeiro – UNIRIO.

De julho de 1994 a maio de 1999 foi Pesquisador Sênior da Companhia Paranaense de Energia Elétrica, trabalhando na implantação do SIMEPAR - Sistema Meteorológico do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

De junho de 1999 a junho de 2000 foi Sócio Gerente da Foxsoft - Consultoria e Informática Ltda, em Curitiba, Estado do Paraná.

De setembro de 2000 a março de 2003 foi Analista de Suporte de Sistemas da Intranet Paraná na Secretaria de Assuntos Estratégicos do Governo do Estado do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

Em abril de 2003 iniciou o curso de Doutorado em Engenharia Florestal, na área de Conservação da Natureza, na linha de pesquisa Ecologia, Controle e Uso do Fogo na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná, concluindo os requisitos necessários para o grau de Doutor em Engenharia Florestal em abril de 2005.

De julho de 2003 a julho de 2005 foi professor substituto das disciplinas Técnica de Análise de Dados II e Técnica de Análise de Dados III no Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

Em março de 2006 iniciou o Programa de Pós-Doutorado em Engenharia Florestal, na área de Conservação da Natureza, na linha de pesquisa Ecologia, Controle e Uso do Fogo na Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Estado do Paraná.

Em junho de 2006 recebe bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq para complementar a pesquisa de pós-doutorado.

Em junho de 2007 conclui os requisitos necessários ao Programa de Pós-Doutorado em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná, através de seu Departamento de Ciências Florestais, que possibilitou a realização desse trabalho em Nível de Pós-Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento de parte desta pesquisa.

Ao Instituto Tecnológico Simepar pelo fornecimento dos dados meteorológicos do estado do Paraná.

À Klabin S.A. e ao Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná pelo fornecimento dos dados referentes aos incêndios florestais.

Ao Professor Ronaldo Viana Soares pela dedicação, amizade, ensinamentos preciosos e confiança depositada para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Antônio Carlos Batista e à Professora Daniela Biondi pelos ensinamentos, paciência, colaboração e amizade no decorrer deste curso.

Aos Professores Graciela Ines Bolzon de Muniz, Nilton José Souza e Jorge Roberto Malinowski pelos ensinamentos e amizade no decorrer deste curso.

Aos colegas Alexandre Beutling e Carina Kozera pela amizade e incentivo.

À Avany, que com seu amor e extrema paciência, mais uma vez acreditou em meu esforço e contribuiu como pode para a realização e sucesso desse trabalho.

Haverá um tempo em que a luz se fará e as dúvidas existentes sobre alguns pontos relativos a este tema ficarão esclarecidas, visto que até hoje existem na obscuridade.

Fizemos o que estava a nosso alcance, contribuindo com nossa pesquisa para o edifício da ciência.

Se chegamos a tocar a verdade, do que estamos convencidos, é porque não nos poupamos a investigações minuciosas sobre o tema, a fim de que o objeto deste estudo ficasse esclarecido, sendo de magna importância para este estado do Paraná, para a ciência e para as gerações que virão.

José Renato Soares Nunes

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiv
RESUMO.....	xix
ABSTRACT.....	xx
RESUMEN.....	xxi
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 AGENTES DETERMINANTES DO PERIGO.....	4
2.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS.....	4
2.2.1 Radiação Solar.....	6
2.2.2 Temperatura do Ar.....	7
2.2.3 Pressão Atmosférica.....	7
2.2.4 Umidade Relativa do Ar.....	8
2.2.5 Vento.....	9
2.2.6 Precipitação.....	11
2.2.7 Estabilidade Atmosférica.....	12
2.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	15
2.3.1 Fórmula de Monte Alegre - FMA.....	17
2.3.2 Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA*.....	18
2.4 MODELAGEM FUNCIONAL.....	19
2.5 MODELAGEM DE DADOS.....	19
2.6 PROJETO DE BANCO DE DADOS.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA*) PARA O ESTADO DO PARANÁ.....	21
3.1.1 Caracterização da Área de Estudo.....	21

3.1.2	Informações sobre o Clima.....	22
3.1.3	Processo Metodológico.....	25
3.1.3.1	Obtenção dos dados meteorológicos.....	25
3.1.3.2	Obtenção dos dados de incêndios florestais para o estado do Paraná.....	25
3.1.3.3	Ajustes da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA ⁺ ..	26
3.1.3.3.1	Distribuição diária dos graus de perigo, das ocorrências de incêndios e das áreas queimadas.....	27
3.1.3.3.2	Desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA ⁺ por região.....	27
3.2	ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	28
3.2.1	Modelo Conceitual.....	28
3.2.2	Modelo Lógico.....	29
3.3	DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	29
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1.	AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA – FMA ⁺ PARA O ESTADO DO PARANÁ.....	30
4.1.1	Número de Dias Previstos.....	30
4.1.2	Número de Incêndios Registrados.....	46
4.1.3	Áreas Queimadas pelos Incêndios Florestais.....	51
4.1.4	Áreas Queimadas Médias por Incêndios.....	55
4.1.5	Análise do Desempenho.....	59
4.1.6	Regionalização da Fórmula de Monte Alegre Alterada.....	64
4.2	ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	65
4.2.1	Especificação do Diagrama de Contexto.....	65
4.2.2	Especificação do Diagrama de Fluxo de Dados Nível 1.....	65
4.2.3	Especificação do Diagrama de Fluxo de Dados Nível 2.....	66
4.2.4	Descrição dos Processos.....	68
4.2.5	Base Teórica para os Principais Algoritmos.....	69

4.2.5.1	Cálculo da umidade relativa.....	69
4.2.5.2	Correção da umidade relativa.....	70
4.2.6	Modelagem de Dados.....	71
4.2.6.1	Especificação do modelo conceitual.....	71
4.2.6.2	Especificação do modelo lógico.....	72
4.2.6.3	Descrição das tabelas referentes aos dados meteorológicos e índices de perigo de incêndios florestais.....	72
4.2.6.4	Descrição das tabelas referentes à ocorrência de incêndios florestais.....	73
4.3	PROMETHEUS - SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	75
4.3.1	Visão Geral do Sistema.....	75
4.3.2	Principais Funções.....	76
4.3.2.1	Configuração do sistema.....	76
4.3.2.2	Índice a ser usado.....	77
4.3.2.3	Cópia de segurança.....	78
4.3.2.4	Usuários.....	80
4.3.2.5	Índices de perigo.....	81
4.3.2.6	Fórmula de Monte Alegre.....	81
4.3.2.7	Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA ⁺	83
4.3.2.8	FMA ⁺ original.....	84
4.3.2.9	FMA ⁺ ajuste1.....	85
4.3.2.10	FMA ⁺ ajuste2.....	86
4.3.2.11	Correção da umidade relativa.....	87
4.3.2.12	Cálculo da umidade relativa.....	88
4.3.2.13	Observações gerais.....	88
4.3.2.14	Ocorrência de incêndios.....	89
4.3.2.15	Relatórios.....	91
4.3.2.16	Gráficos.....	93
4.3.2.17	Auxílio à tomada de decisão.....	95

5 CONCLUSÕES.....	99
5.1 AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA - FMA ⁺	99
5.2 ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	99
5.3 PROMETHEUS – SISTEMA INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	99
REFERÊNCIAS.....	100
APÊNDICE - ARTIGOS PUBLICADOS OU SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO E A EVENTOS NO DECORRER DESTE CURSO.....	103

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E TEMPOS DE RESPOSTA MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO.....	9
TABELA 2	- RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DE FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA.....	17
TABELA 3	- ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE.....	17
TABELA 4	- RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DE FMA ⁺ , DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA.....	18
TABELA 5	- ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺	19
TABELA 6	- LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NAS REGIÕES DE ESTUDO.....	21
TABELA 7	- TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	27
TABELA 8	- CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA.....	27
TABELA 9	- ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ ORIGINAL.....	30
TABELA 10	- NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ ORIGINAL.....	31
TABELA 11	- ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ - AJUSTE 1.....	38
TABELA 12	- NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ AJUSTE 1.....	38
TABELA 13	- ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ - AJUSTE 2.....	43
TABELA 14	- NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ - AJUSTE 2.....	43
TABELA 15	- INCÊNDIOS REGISTRADOS NO PERÍODO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO.....	46
TABELA 16	- ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO.....	51
TABELA 17	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR INCÊNDIO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA ⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO.....	55

TABELA 18	- QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA AS REGIÕES ESTUDADAS.....	59
TABELA 19	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CAMBARÁ.....	59
TABELA 20	- CÁLCULOS PARA CAMBARÁ.....	60
TABELA 21	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CAMPO MOURÃO.....	60
TABELA 22	- CÁLCULOS PARA CAMPO MOURÃO.....	60
TABELA 23	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CASCAVEL.....	60
TABELA 24	- CÁLCULOS PARA CASCAVEL.....	60
TABELA 25	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA GUARAPUAVA.....	61
TABELA 26	- CÁLCULOS PARA GUARAPUAVA.....	61
TABELA 27	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA LONDRINA.....	61
TABELA 28	- CÁLCULOS PARA LONDRINA.....	61
TABELA 29	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA PINHAIS.....	61
TABELA 30	- CÁLCULOS PARA O MODELO PINHAIS.....	62
TABELA 31	- TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA TELÊMACO BORBA.....	62
TABELA 32	- CÁLCULOS PARA O MODELO TELÊMACO BORBA.....	62
TABELA 33	- DESEMPENHO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA PARA AS REGIÕES ESTUDADAS.....	62
TABELA 34	- MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CADA GRAU DE PERIGO....	96
TABELA 35	- COMPORTAMENTO DO FOGO PARA CADA GRAU DE PERIGO.....	97
TABELA 36	- DIFICULDADE DE SUPRESSÃO DO FOGO PARA CADA GRAU DE PERIGO.....	97

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO NO ESTADO DO PARANÁ.....	21
FIGURA 2	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA CLIMÁTICO DO PARANÁ.....	22
FIGURA 3	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	23
FIGURA 4	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	24
FIGURA 5	- DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ.....	24
FIGURA 6	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ ORIGINAL.....	31
FIGURA 7	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA ⁺ ORIGINAL.....	32
FIGURA 8	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CÂNDIDO DE ABREU -FMA ⁺ ORIGINAL.....	32
FIGURA 9	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA ⁺ ORIGINAL.....	33
FIGURA 10	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA FERNANDES PINHEIRO - FMA ⁺ ORIGINAL.....	33
FIGURA 11	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA ⁺ ORIGINAL.....	34
FIGURA 12	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA ⁺ ORIGINAL	34
FIGURA 13	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA ⁺ ORIGINAL.....	35
FIGURA 14	PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PALMAS - FMA ⁺ ORIGINAL.....	35

FIGURA 15	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAVAI - FMA ⁺ ORIGINAL....	36
FIGURA 16	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA ⁺ ORIGINAL.....	36
FIGURA 17	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA ⁺ ORIGINAL.....	37
FIGURA 18	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA ⁺ ORIGINAL....	37
FIGURA 19	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ AJUSTE1.....	39
FIGURA 20	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA ⁺ AJUSTE1.	39
FIGURA 21	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA ⁺ AJUSTE1.....	40
FIGURA 22	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA ⁺ AJUSTE1.....	40
FIGURA 23	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PALMAS - FMA ⁺ AJUSTE 1.....	41
FIGURA 24	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAVAI - FMA ⁺ AJUSTE1....	41
FIGURA 25	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA ⁺ AJUSTE1.....	42
FIGURA 26	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA ⁺ AJUSTE1.....	42
FIGURA 27	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ AJUSTE2.....	44
FIGURA 28	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA ⁺ AJUSTE2.....	44
FIGURA 29	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAVAI - FMA ⁺ AJUSTE2.....	45
FIGURA 30	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA ⁺ AJUSTE2.....	45
FIGURA 31	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ AJUSTADA.....	47

FIGURA 32	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA ⁺ AJUSTADA.....	47
FIGURA 33	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA ⁺ AJUSTADA.....	48
FIGURA 34	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	48
FIGURA 35	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	49
FIGURA 36	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA ⁺ AJUSTADA.....	49
FIGURA 37	- PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	50
FIGURA 38	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ AJUSTADA.....	51
FIGURA 39	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA ⁺ AJUSTADA.....	52
FIGURA 40	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA ⁺ AJUSTADA.....	52
FIGURA 41	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	53
FIGURA 42	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	53
FIGURA 43	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA ⁺ AJUSTADA.....	54
FIGURA 44	- PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	54
FIGURA 45	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA ⁺ AJUSTADA.....	55
FIGURA 46	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA ⁺ AJUSTADA.....	56
FIGURA 47	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA ⁺ AJUSTADA.....	56

FIGURA 48	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	57
FIGURA 49	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	57
FIGURA 50	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA ⁺ AJUSTADA.....	58
FIGURA 51	- ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA ⁺ AJUSTADA.....	58
FIGURA 52	- VALORES DE SKILL SCORE PARA AS REGIÕES ESTUDADAS.....	63
FIGURA 53	- VALORES DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA AS REGIÕES ESTUDADAS.....	63
FIGURA 54	- REGIÕES COM ESCALAS DE PERIGO SEMELHANTES.....	64
FIGURA 55	- DIAGRAMA DE CONTEXTO.....	65
FIGURA 56	- DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 1.....	66
FIGURA 57	- DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 2: DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	67
FIGURA 58	- DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 2: ATUALIZAÇÃO DA BASE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS.....	67
FIGURA 59	- DIAGRAMA DE ENTIDADE-RELACIONAMENTO.....	71
FIGURA 60	- JANELA INICIAL DO SISTEMA.....	76
FIGURA 61	- CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA.....	77
FIGURA 62	- RESTAURAÇÃO DE CÓPIA DE SEGURANÇA.....	79
FIGURA 63	- JANELA DE LOGIN.....	80
FIGURA 64	- JANELA DE CADASTRAMENTO DE USUÁRIOS.....	81
FIGURA 65	- CADASTRO DE FMA.....	82
FIGURA 66	- CONSULTA FMA.....	82
FIGURA 67	- REGIÕES COM ESCALAS DE PERIGO SEMELHANTES.....	83
FIGURA 68	- CADASTRO DE FMA ⁺ ORIGINAL.....	84
FIGURA 69	- CONSULTA FMA ⁺ ORIGINAL.....	84

FIGURA 70	- CADASTRO DE FMA ⁺ AJUSTE 1.....	85
FIGURA 71	- CONSULTA FMA ⁺ AJUSTE 1.....	85
FIGURA 72	- CADASTRO DE FMA ⁺ AJUSTE 2.....	86
FIGURA 73	- CONSULTA FMA ⁺ AJUSTE 2.....	86
FIGURA 74	- CADASTRO PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 H.....	87
FIGURA 75	- CADASTRO PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 H.....	87
FIGURA 76	- CADASTRO PARA CÁLCULO DA UMIDADE RELATIVA.....	88
FIGURA 77	- JANELA DE DIÁLOGO PARA A EXPORTAÇÃO DE DADOS.....	89
FIGURA 78	- CADASTRAMENTO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS.....	90
FIGURA 79	- CONSULTA DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS.....	90
FIGURA 80	- JANELA DE SELEÇÃO DE RELATÓRIO.....	91
FIGURA 81	- RELATÓRIO DE ÍNDICE DE PERIGO – FMA ⁺	92
FIGURA 82	- RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS – INFORMAÇÕES GERAIS.....	92
FIGURA 83	- RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS – CARACTERIZAÇÃO DO INCÊNDIO.....	93
FIGURA 84	- GRÁFICO DA UMIDADE RELATIVA.....	94
FIGURA 85	- GRÁFICO DO VENTO.....	94
FIGURA 86	- GRÁFICO DOS VALORES DE FMA ⁺	95
FIGURA 87	- JANELA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO.....	98

RESUMO

A primeira parte deste trabalho foi desenvolvida a partir de dados meteorológicos (umidade relativa e vento às 13:00 h e precipitação diária) de 13 regiões do estado do Paraná, representados pelos municípios de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guaíra, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba, Pinhais, Telêmaco Borba e Umuarama. Também foram obtidos dados de ocorrência de incêndios florestais (data de ocorrência, hora de início e de término do incêndio e área queimada) de 7 das 13 regiões estudadas: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Pinhais e Telêmaco Borba. Os dados analisados se referem ao período de junho de 1998 a maio de 2003 para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba, Pinhais e Telêmaco Borba; de janeiro de 2000 a dezembro de 2006 para a região de Fernandes Pinheiro e de setembro de 2002 a agosto de 2006 para as regiões de Guaíra e Umuarama. O objetivo da pesquisa foi ajustar a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) para diferentes regiões do estado do Paraná, baseado na análise do índice pelo método *skill score* que utiliza uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em um período de tempo. Foram considerados como não indicativos de probabilidade de ocorrência de incêndios as classes de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos de probabilidade de ocorrência as classes de perigo Médio, Alto e Muito Alto. A partir desta definição foram calculados os valores de *skill score* e porcentagens de sucesso para cada região. Os resultados demonstraram que três escalas de perigo distintas devem ser utilizadas no estado. A escala de perigo original deve ser utilizada na área central do estado, representada pelas regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava e Telêmaco Borba. Uma segunda escala de perigo deve ser utilizada na parte norte/oeste do estado, representada pelas regiões de Cambará, Guaíra, Paranaíba e Umuarama e uma terceira escala deve ser utilizada no restante do estado, representada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais. A segunda parte deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um sistema computacional, utilizando a modelagem funcional, com o objetivo de calcular o índice de perigo de incêndios florestais pela Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) Original, Ajuste 1 e Ajuste 2 e armazenar informações referentes às ocorrências de incêndios florestais, permitindo a geração de estatísticas sobre índices de perigo e ocorrência de incêndios florestais, a partir do Diagrama de Contexto, dos Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1 e de Nível 2 e do Diagrama de Entidade-Relacionamento. O sistema Prometheus foi desenvolvido usando a linguagem Borland Delphi 6.0 com acesso via Borland Database Engine - BDE e base de dados Paradox para Windows XP. Os testes realizados com Windows 98 apresentaram bons resultados.

ABSTRACT

The first part of this study was developed utilizing meteorological data (relative humidity and wind speed at 1:0 PM and daily precipitation) from 13 regions of Paraná State: represented by the Counties of Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guaíra, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais, Telêmaco Borba and Umuarama. Data of forest fire occurrence (occurrence date, start and finish time and burned area), were obtained from 7 of the 13 studied regions: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Pinhais and Telêmaco Borba. The collected data referred to the period June 1998 to May 2003 for the regions of Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais, Telêmaco Borba; January 2000 to December 2006 for the region of Fernandes Pinheiro; and September 2002 to August 2006 for Guaíra and Umuarama regions. The main objective of the research was to adjust the Modified Monte Alegre Fórmula (FMA⁺) to different regions of the state of Paraná, based on the performance analysis of the index using the skill score method, based on a contingency table composed by the observed and the predict values for a event in a time period. Null and Low fire danger classes were considered as indicative of no fire occurrence and Medium, High, and Very High classes as indicative of fire occurrence. Based on these indicatives the skill score and the success percentages for each region were calculated. The results showed that three different danger scales should be used in the State. The original danger class scale should be used in the central state region, represented by the Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava and Telêmaco Borba counties. A second danger class scale should be used in the northern/western regions, represented by the Cambará, Guaíra, Paranavaí and Umuarama counties and a third scale, validated by the Campo Mourão, Londrina, Palmas and Pinhais counties, should be used in the remaining State regions. The second objective of the research was to develop a computational system, using the functional modeling, that allows to calculate the forest fire danger index through the Monte Alegre Formula (FMA) and the Original, the Adjusted 1 and the Adjusted 2 Modified Monte Alegre Formula (FMA⁺) and to store information of forest fire occurrence, allowing the generation of danger indices and forest fire occurrence statistics from the Context Diagram, the Level 1 and Level 2 Data-Flow Diagrams, and the Entity-Relationship. The named "Prometheus" system was developed using the Borland Delphi 6.0 language with Borland Database Engine – BDE access and Paradox database for Windows XP. Tests running the software in the Windows 98 presented good results.

RESUMEN

La primera parte de esa investigación fué desarrollada a partir de datos meteorológicos diarios (humedad relativa y velocidad del viento a las 13:00 horas y precipitación) de 13 regiones del estado de Paraná, Brasil, representadas por las municipalidades de: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guaira, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais, Telêmaco Borba y Umuarama. También fueron obtenidos datos de la ocurrencia de incendios forestales (fecha de la ocurrencia, hora del inicio y de término del fuego y área afectada) de 7 de las 13 regiones estudiadas: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Pinhais y Telêmaco Borba. Los datos analizados si refieren al período de Junio de 1998 a Mayo de 2003 para las regiones de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais, Telêmaco Borba; de Enero de 2000 a Diciembre de 2006 para la region de Fernandes Pinheiro y de Septiembre de 2002 a Agosto de 2006 para las regiones de Guaira y Umuarama. El objetivo principal de la investigación fue ajustar la Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA⁺) para diferentes regiones del estado de Paraná, basado en el análisis de funcionamiento del índice a través del método *skill score*, que utiliza una tabla de contingencia que contiene los valores observados y los valores previstos para un acontecimiento en un período de tiempo. Fueron considerados como no indicativos de probabilidad de la ocurrencia de incendios las clases de peligro Nulo y Pequeño; y como indicativos de probabilidad de la ocurrencia de incendios las clases de peligro Medio, Alto y Muy Alto. A partir de esa definición fueron calculados los valores de *skill score* y porcentajes de suceso para cada región. Los resultados demostraron que tres escalas de peligro distintas se deben utilizar en el estado. La escala de la clase de peligro original debe ser utilizada en el área central del estado, representada por las regiones de Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava y Telêmaco Borba. Una segunda escala de clase de peligro debe ser utilizada en el área norteña/oeste, representada por las regiones de Cambará, Guaira, Paranavaí y Umuarama y una tercera escala se debe utilizar en las áreas restantes del estado, representadas por las regiones de Campo Mourão, Londrina, Palmas y Pinhais. La segunda parte de esa investigación consistió en el desarrollo de un programa de computadora utilizando la modelagen funcional, con el objetivo de calcular el índice de peligro de incendios forestales por la Fórmula de Monte Alegre (FMA) y Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) Original, Ajuste 1 y Ajuste 2 y almacenar informaciones referentes a las ocurrencias de incendios forestales, permitiendo la generación de estadísticas sobre índices de peligro y ocurrencia de incendios forestales, a partir del Diagrama de Contexto, de los Diagramas de Flujo de Datos de Nivel 1 y de Nivel 2 y del Diagrama de Entidad-Relacionamiento. El sistema "Prometheus" fue desarrollado usando el language Borland Delphi 6.0 con acceso via Borland Database Engine - BDE y base de datos Paradox para Windows XP. Testes del programa realizados con Windows 98 presentaron buenos resultados.

1 INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais no Brasil tornam-se a cada ano mais críticos, devido ao aumento da área queimada. A falta de um programa institucional consistente é um dos grandes problemas que contribuem para que este cenário se agrave, apesar do constante aperfeiçoamento das técnicas de controle de incêndios florestais disponíveis. A melhoria das técnicas de prevenção e combate não pode ser conseguida pela simples adoção de tecnologias que outros países já desenvolveram, mas sim através de programas que visem buscar, aprimorar e aproveitar as experiências existentes, desenvolver novas tecnologias, fazendo-se a devida adequação à realidade brasileira.

A superfície territorial do país é muito grande, ocupada por diversas tipologias vegetais, que apresentam comportamentos distintos com relação ao fogo e exigem diferentes técnicas de prevenção e combate. A forma de ocupação desordenada e nômade do território brasileiro, na busca de novas fronteiras agrícolas ou pastoris, contribui de forma significativa para a ocorrência de grandes incêndios, desestabilizando certos ecossistemas e provocando danos irreparáveis ao meio ambiente, à propriedade e à própria vida humana.

No estado do Paraná a cobertura florestal vem se reduzindo ao longo das últimas décadas, seja em função da exploração comercial da matéria-prima florestal, seja pela expansão da fronteira agrícola. Aliada à crescente busca pela produção de alimento e de produtos florestais, a ocorrência de incêndios florestais vem preocupando os órgãos responsáveis pela política florestal do estado pelos prejuízos por eles causados, tanto no aspecto econômico quanto na biodiversidade. Anualmente são observadas várias ocorrências de incêndios em áreas de reflorestamento, áreas de campo nativo e em unidades de conservação sob administração estadual e federal, o que é extremamente preocupante pelos danos causados à flora, à fauna e ao solo.

A partir de 1963, quando o fogo consumiu cerca de 2.000.000 de hectares, incluindo florestas, capoeiras, campos e lavouras, entre outros, o estado do Paraná vem sofrendo grandes prejuízos ambientais e econômicos em decorrência dos incêndios florestais.

A ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições meteorológicas. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança estão diretamente ligados à umidade relativa, temperatura do ar e velocidade do vento. A utilização de informações meteorológicas precisas é portanto, vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais.

Apesar de existir um monitoramento permanente dos fatores que influem na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais, a falta de uma política de prevenção e de educação da população contribui para que o problema se agrave. Dentre as medidas preventivas existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente das medidas de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate, visando à redução dos prejuízos financeiros e ambientais advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Outras utilidades dos índices de perigo de incêndio são o estabelecimento de zonas de risco, possibilitando um melhor planejamento das atividades de prevenção contra incêndios florestais, a permissão para queimas controladas em períodos menos perigosos, a previsão do comportamento do fogo visando a adoção de técnicas mais efetivas de combate e a advertência pública do grau de perigo, informando à população sobre os cuidados a serem tomados em situações críticas

No Brasil, a falta de informações integradas em âmbito nacional ou mesmo regional é um dos sérios problemas para os técnicos que atuam na prevenção e combate aos incêndios florestais, para as empresas, responsáveis por extensas áreas de plantio e de preservação e para o setor público, responsável por unidades de conservação.

1.1 JUSTIFICATIVA

A importância deste trabalho está diretamente ligada às características do estado do Paraná, cujo território é ocupado em boa parte pelo setor florestal e agrícola e cujo clima oferece condições para ocorrência de incêndios florestais, assim como os prejuízos econômicos que podem ser evitados com a prevenção de eventos dessa natureza.

Apesar de vir sendo usada com sucesso no estado do Paraná, assim como em outras regiões do país e em alguns países da América do Sul, a Fórmula de Monte Alegre (SOARES, 1972b) é um índice de perigo baseado em variáveis meteorológicas que enfatiza o aspecto da probabilidade de ignição, ou seja, indica a possibilidade de um incêndio ter início, desde que haja uma fonte de fogo.

A Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) (NUNES, 2005; NUNES *et al*, 2005; NUNES *et al*, 2006) inclui em sua estrutura a velocidade do vento, o que permite avaliar também o potencial de propagação do incêndio (SCHROEDER e BUCK, 1970; HEIKKILÄ *et al.*, 1993), fator de grande importância para a prevenção e principalmente para o combate aos incêndios que eventualmente ocorram. A FMA⁺ foi desenvolvida e testada para a região de Telêmaco Borba, onde apresentou bons resultados (NUNES, 2005).

1.2 OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho foram:

- a) Ajustar a FMA⁺ para o Paraná, estudando o seu desempenho em várias regiões, o que viabilizaria o seu uso em todo o estado.
- b) Desenvolver um programa computacional (*software*) que permita ao usuário calcular FMA e FMA⁺ para uma região, mantendo uma base de dados com a evolução diária desses índices bem como armazenar a ocorrência de incêndios florestais, estimar a umidade relativa do ar às 13:00 H com dados das 9:00 e 15:00H e calcular a umidade relativa a partir das temperaturas do psicrômetro.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 AGENTES DETERMINANTES DO PERIGO

Segundo CHENEY (1968), existem dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo do incêndio: os **fatores constantes**, como o tipo de material combustível, tipo de floresta e o relevo e os **fatores variáveis**, como a umidade do material combustível e as condições climáticas como a velocidade e direção do vento, a umidade relativa, a temperatura, o ponto de orvalho, a precipitação e a instabilidade atmosférica.

Segundo SOARES (1984), a possibilidade e a frequência dos incêndios florestais está fortemente relacionada às condições atmosféricas locais. O conhecimento das variáveis meteorológicas é importante para a prevenção e combate aos incêndios florestais. Através do estudo dessas variáveis meteorológicas pode-se prever os períodos de maior probabilidade de ocorrência de incêndios florestais, possibilitando a adoção de medidas que visem a prevenção e os danos causados pelo fogo.

Diversas características do ambiente têm influência sobre o início, a propagação e a intensidade dos incêndios florestais, tais como o material combustível, as condições climáticas, o relevo e o tipo de cobertura vegetal.

2.2 CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

Para se ter um entendimento das relações entre o clima, a meteorologia e os riscos de incêndios florestais serão definidos primeiramente os conceitos de clima e de meteorologia.

Segundo BROWN e DAVIS (1973) o clima reflete os fenômenos meteorológicos que ocorrem em uma área em um determinado período de tempo e é expresso através de médias, totais, extremos e frequências para os fenômenos meteorológicos que ocorreram ou podem ocorrer.

As condições do tempo podem variar diariamente devido a um grande número de fatores. A radiação solar, fonte de energia, é responsável pela maioria

dessas mudanças. O outro fator é a rotação da terra. Como a intensidade da radiação solar é máxima no ponto em que os raios incidem perpendicularmente à superfície terrestre, ela é responsável, indiretamente pela temperatura do solo e do ar, gerando gradientes de pressão, responsáveis pela formação e circulação das massas de ar, dando origem aos ventos (BROWN e DAVIS, 1973).

Outro aspecto importante a se considerar em relação aos incêndios florestais e a meteorologia é a escala de espaço e tempo dos fenômenos meteorológicos. São considerados fenômenos meteorológicos de escala global aqueles que ocorrem em uma escala da ordem de 5.000 km da superfície da terra e sua duração varia de semanas a meses. Exemplos de fenômenos de escala global são a circulação do ar ao redor do globo terrestre e o fenômeno El Niño. (NAYA, 1984)

Os fenômenos de escala sinótica, também conhecidos como fenômenos meteorológicos de macro escala, são aqueles que ocorrem em uma escala de 2.000 km, podem durar dias ou semanas e têm importância nas características climáticas e estações do planeta. O movimento das massas de ar, ciclones, anticiclones, furacões e tempestades tropicais, são exemplos de fenômenos que ocorrem em escala sinótica. A previsão do tempo se baseia na previsão do movimento dessas grandes estruturas (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984).

Quando os eventos ocorrem em uma escala de 10 a 100 km e duram minutos, horas ou dias, são conhecidos como fenômenos de mesoescala. Exemplos deste tipo de fenômeno são as brisas marítimas e terrestres, os ventos locais e de vale, tornados, linhas de instabilidade e tempestades isoladas (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984).

Os fenômenos de micro escalas ocorrem em uma escala de até 1 km. As diferenças locais de calor e frio, as interações solo-planta são exemplos de fenômenos de micro escala e podem durar de segundos até uma hora (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984).

A ocorrência dos incêndios florestais em uma região é afetada pelas condições das camadas mais baixas da atmosfera em um determinado tempo e pelas alterações climáticas ocorridas com o decorrer do tempo. Essas mudanças ocorrem devido à natureza da atmosfera e das reações ao recebimento da energia emitida pelo sol. Por este motivo, o conhecimento das variáveis meteorológicas é de grande importância na prevenção dos

incêndios. Através das variáveis meteorológicas pode-se identificar os dias e épocas de maior probabilidade de ocorrência de incêndios e, com essas informações, pode-se tomar medidas técnicas e administrativas para reduzir o potencial de danos pelo fogo (SCHROEDER e BUCK, 1970).

2.2.1 Radiação Solar

Radiação é o processo pelo qual a terra recebe energia calorífica do sol. Essa energia é produzida no sol por fusão nuclear, onde o hidrogênio é convertido em hélio. Nesse processo, uma parte infinitamente pequena da massa do sol é transformada em energia térmica. O sol emite radiação a uma temperatura de aproximadamente 6.000 K (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES e BATISTA, 2004).

A intensidade de radiação solar recebida nos limites da atmosfera terrestre é constante. No entanto, a quantidade de energia que chega à superfície da terra é muito variável e depende da quantidade de nuvens na atmosfera. Parte da energia é refletida pelas nuvens e perdida no espaço. Na ausência de nuvens, a maioria da radiação atravessa diretamente a atmosfera e alcança a superfície terrestre (NAYA, 1984).

Vapor d'água, ozônio e dióxido de carbono absorvem radiações de certos comprimentos de onda. Da radiação que atinge a superfície terrestre, parte é absorvida e parte é refletida. A radiação solar que é absorvida pela terra é convertida em energia térmica, aquecendo a superfície, produzindo aquecimento na superfície, sendo importante para a vida na terra e nos processos meteorológicos originados deste aquecimento (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

Segundo BROWN e DAVIS (1973), outro fator que afeta a quantidade de radiação recebida na superfície da terra é a inclinação dos raios solares. Isto varia de acordo com a latitude, a estação do ano, a hora do dia e o relevo. Essa variação de radiação cria um espectro de temperaturas variáveis que desencadeia vários fenômenos meteorológicos e dá origem aos diversos tipos de clima existentes.

Vale ressaltar que a radiação solar influi direta ou indiretamente em todas as demais variáveis meteorológicas (NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

2.2.2 Temperatura do Ar

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), temperatura é o grau de calor de uma substância, medido em uma escala finita. A temperatura reflete o nível de atividade molecular de um corpo. Calor e temperatura, entretanto, não devem ser confundidos. Por exemplo, se uma amostra de gás é rapidamente reduzida à metade de seu volume através do aumento de pressão, sua temperatura se elevará significativamente mas seu conteúdo calorífico permanecerá o mesmo. Um grande objeto pode apresentar uma temperatura muito mais baixa do que um pequeno objeto, e ainda assim ter um maior conteúdo calorífico em razão do seu maior número de moléculas.

A temperatura do ar influi direta e indiretamente na combustão e propagação dos incêndios. Sua influência direta se refere à quantidade de calor necessária para elevar o combustível à temperatura de ignição e depende da própria temperatura inicial do combustível como também da temperatura do ar em volta do mesmo. Sua influência indireta está relacionada com o efeito sobre os outros fatores relacionados à propagação do fogo, como por exemplo o vento, a umidade do combustível e a estabilidade atmosférica (SCHROEDER e BUCK, 1970; SOARES, 1985).

Após a ocorrência da ignição, o efeito da temperatura inicial do combustível sobre a combustão é bastante reduzido. Apesar disso, altas temperaturas do ar estão geralmente associadas a grande risco de incêndio e à taxa de propagação do fogo. O risco aumenta consideravelmente com o aumento da temperatura do ar e a temperatura do combustível (SOARES, 1985).

2.2.3 Pressão Atmosférica

Pressão atmosférica é a pressão exercida sobre a superfície terrestre pela camada de ar que a circunda, ou seja, é o peso da atmosfera em um determinado

local (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

De acordo com BROWN e DAVIS (1973) a pressão diminui com a altitude, mas varia também com o tempo ao longo do dia. No entanto, a variação da pressão associada ao movimento das massas de ar é o principal fator para fins meteorológicos. Os sistemas de alta pressão, caracterizados por circulação anticiclônica, ou no sentido dos ponteiros do relógio estão normalmente associados a baixas temperaturas. Anticiclones são núcleos de alta pressão e a pressão torna-se progressivamente mais alta, à medida que se move em direção ao centro. Sistemas de baixa pressão, caracterizados por uma circulação ciclônica ou contrária aos ponteiros do relógio, são normalmente associados a temperaturas mais altas.

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), NAYA (1984), VAREJÃO-SILVA e REIS (1988), e VIANELLO e ALVES (1991), quanto maior o gradiente de pressão, ou seja, a diferença entre a pressão em um centro de alta pressão e um centro de baixa pressão, maior a velocidade do vento, que sopra sempre no sentido da alta para a baixa pressão.

2.2.4 Umidade Relativa do Ar

Umidade relativa do ar é a razão, em porcentagem, entre a quantidade de umidade existente em um volume de ar e a quantidade total que aquele volume pode conter, sem se condensar, em uma dada temperatura e pressão atmosférica (SCHROEDER e BUCK 1970; NAYA 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS 1988; VIANELLO e ALVES 1991; SOARES e BATISTA 2004).

A umidade atmosférica é um elemento chave nos incêndios florestais, tendo efeito direto na inflamabilidade dos combustíveis florestais, havendo uma troca constante de umidade entre a atmosfera e os combustíveis florestais mortos. O material seco absorve água de uma atmosfera úmida e libera água quando o ar está seco. A quantidade de umidade que o material morto pode absorver do ar e reter dependem, basicamente, da umidade relativa do ar. Durante períodos extremamente secos, a baixa umidade pode, inclusive, afetar o conteúdo de umidade do material vivo (SCHROEDER e BUCK, 1970, SOARES, 1985).

Segundo LOWE (2001) a hora do dia tem uma influência importante nos níveis de umidade relativa. Nas primeiras horas da manhã as temperaturas estão mais baixas e

as umidades relativas mais altas. À medida que o dia passa, a temperatura começa a aumentar e a umidade relativa começa a diminuir. No meio da tarde as temperaturas estão em seu valor máximo e a umidade relativa atinge seu valor mínimo. É importante observar periodicamente os níveis de umidade relativa pois eles estão fortemente associados e indicam o teor de umidade dos combustíveis.

O tempo que os combustíveis florestais levam para absorver ou perder umidade para o ar varia bastante dependendo do tipo e tamanho do material. Material morto fino como folhas, acículas e pequenos ramos podem alcançar um conteúdo de umidade de equilíbrio em poucos minutos. Galhos de grande dimensão e troncos podem levar um longo tempo, dependendo de sua dimensão. O tempo médio de resposta do combustível em relação à umidade do ar varia principalmente com o tamanho do material, apesar de haver outros fatores envolvidos. Usando o princípio do tempo de resposta, o combustível morto pode ser dividido em várias classes, muito usadas em inventários de material combustível, como mostra a Tabela 1 (BATISTA, 1990).

TABELA 1 - CLASSES DE MATERIAL COMBUSTÍVEL E TEMPOS DE RESPOSTA MÉDIOS EM RELAÇÃO À UMIDADE DE EQUILÍBRIO

Classe de material combustível (Diâmetro em cm)	Tempo médio de resposta (horas)
< 0,7	1
0,7 a 2,4	10
2,5 a 7,6	100
> 7,6	> 1000

2.2.5 Vento

Vento é o movimento de ar dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão. De maneira geral as áreas próximas ao equador são mais quentes e, portanto, de menor pressão, enquanto as áreas próximas da latitude de 30° apresentam pressão maior. Além dessa circulação geral no sentido polos-equador, deve-se considerar outros efeitos tais como movimento de rotação da terra, fricção, topografia e massas de água. Em função desses efeitos, existem movimentos locais que tornam bastante complexa a distribuição dos ventos na superfície terrestre (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991; SOARES e BATISTA, 2004).

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), o vento e a umidade relativa do ar são considerados os dois mais importantes parâmetros meteorológicos que afetam a propagação dos incêndios. O vento é o mais variável e o menos previsível. Ventos próximos à superfície terrestre são fortemente influenciados pelo perfil do relevo e pelos processos locais de aquecimento e resfriamento. Isto contribui bastante para sua variabilidade e ressalta a importância de uma adequada avaliação do comportamento local dos ventos em operações de combate aos incêndios.

Segundo DAVIS (1959) o vento afeta diretamente a taxa de combustão do combustível florestal pelo aumento do fornecimento de oxigênio e também a taxa de propagação em função do fornecimento de energia por condução e convecção.

O vento influi na propagação dos incêndios de várias maneiras. Ele desloca o ar úmido do interior da floresta, aumentando a evaporação e favorecendo a secagem do material combustível; ventos suaves ajudam as folhas a provocar a ignição do material combustível; depois de iniciado o fogo, o vento ativa a combustão por meio do fornecimento contínuo de oxigênio; o vento ajuda a propagação transportando o calor e folhas para áreas ainda não queimadas e inclinando as chamas até os materiais não queimados, à frente do fogo e ativando a fase de pré-aquecimento; a direção e a forma de propagação dos incêndios são também determinadas principalmente pelo vento. (SCHROEDER e BUCK, 1970; BROWN e DAVIS; 1973; SOARES, 1985).

Segundo PYNE (1984), os ventos podem ser classificados em primários, de segunda ordem e de terceira ordem. Ventos primários são aqueles relacionados à circulação geral do ar ao redor do globo terrestre. Ventos de segunda ordem referem-se a condições sinóticas como frentes e células de pressão. Os ventos de terceira ordem referem-se às condições locais ou sistemas convectivos de pequena escala.

Os ventos de origem local ou ventos convectivos (SCHROEDER e BUCK, 1970), causados por variações locais de temperatura, têm papel importante no comportamento do fogo, tanto quanto os ventos produzidos em escala sinótica. Em muitas áreas eles podem predominar e se sobrepor aos ventos de larga escala. Se essas variações locais forem bem entendidas, as mudanças no comportamento do fogo podem ser previstas.

O vento é o fator mais variável no comportamento do fogo. Ele varia no tempo e nas direções horizontal e vertical, e essa variação sofre influência ainda do relevo, da vegetação e do próprio tipo de vento. (ROTHERMEL, 1983)

Segundo VIEGAS (1997), o vento é o fator mais importante na propagação de um incêndio florestal, sendo também o mais difícil de se prever, devido a sua característica vetorial e sua ampla variabilidade temporal e espacial.

VIEGAS e NETO (1991) concluíram que a taxa de propagação do fogo para combustíveis com propriedades similares poderia estar correlacionada com a velocidade do vento. NELSON (2002) demonstra que a velocidade efetiva do vento está correlacionada com a taxa de propagação do fogo.

Segundo VÉLEZ (2000), o vento é um elemento decisivo no comportamento do fogo, sendo muitas vezes responsável para que o fogo ultrapasse as barreiras de defesa e criando condições para os incêndios de copa. Os efeitos mais importantes do vento na propagação dos incêndios são: secagem do combustível florestal, acelerando a transpiração; aumento da intensidade ao carrear maior quantidade de oxigênio à combustão; inclinação da chama, o que causa maior eficácia nos processos de transmissão de energia por radiação; aumento da transmissão de energia por convecção.

Segundo VIEGAS (2004a), a propagação do fogo em locais com declividade, como os vales, tem comportamento distinto de áreas sem declividade em função do efeito de fatores adicionais como a convecção e a radiação. Se existe uma declividade ou a presença de vento, a taxa de propagação tende a crescer. Os efeitos convectivos gerados pelo fogo em terrenos inclinados podem produzir o chamado *blow-up* ou explosão, mesmo na ausência de qualquer outra condição atmosférica especial. Esse fenômeno tem sido estudado pelo autor e pode explicar vários dos acidentes ocorridos ao longo da história dos incêndios florestais.

2.2.6 Precipitação

Apesar de ser um fator limitante tanto na ignição como na propagação de incêndios, o efeito da precipitação muitas vezes é subestimado, talvez pela grande evidência de sua influência sobre o fogo.

A ocorrência dos incêndios está sempre associada a bom tempo. Existe uma forte correlação entre ocorrência de grandes incêndios e prolongados períodos de seca. Longos períodos de estiagem afetam o potencial de propagação dos incêndios de diversas maneiras, principalmente pela secagem progressiva do material combustível morto, podendo inclusive afetar o teor de umidade da vegetação verde. Isto aumenta a probabilidade de ignição e a facilidade de propagação do incêndio. (SOARES, 1985)

A ocorrência de precipitação é fator fundamental na redução do potencial de ocorrência e propagação dos incêndios até mesmo a zero, dependendo da quantidade de água precipitada. No entanto, condições críticas de inflamabilidade não são revertidas facilmente. Combustíveis florestais extremamente secos podem ser umedecidos superficialmente por uma chuva matinal e secarem rapidamente, tornando-se novamente inflamáveis durante a tarde. (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985)

Ao se avaliar o efeito da precipitação sobre o potencial de propagação do fogo em uma região deve-se levar em consideração não apenas a quantidade de chuva mas também sua distribuição estacional. Duas regiões com a mesma precipitação total anual podem apresentar características completamente diferentes com relação a risco de incêndios. Se a distribuição da chuva é uniforme durante todo o ano, sem uma estação seca definida, o potencial de ocorrência e propagação de incêndios é bem menor do que, por exemplo, uma região em que a estação chuvosa seja concentrada em alguns meses, com longos períodos de estiagem durante outros meses. A distribuição da precipitação é portanto fator fundamental na definição do início, término e duração das estações de alto potencial de incêndio (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

VIEGAS e VIEGAS (1994) estudando a relação entre a precipitação e a área queimada por incêndios florestais em Portugal, verificaram que quando o verão é chuvoso existe uma redução na área queimada.

2.2.7 Estabilidade Atmosférica

De acordo com SCHROEDER e BUCK (1970), a estabilidade da atmosfera está relacionada com a variação da temperatura de acordo com a altitude.

Com relação à estabilidade a atmosfera pode ser estável e instável (BROWN e DAVIS 1973). Se a temperatura aumenta com a altitude, não existem condições para o estabelecimento de correntes ascendentes. Neste caso tem-se uma atmosfera estável. A estabilidade geralmente é definida como aquela condição atmosférica na qual os movimentos ascendentes do ar estão ausentes ou inibidos. Quando a temperatura está muito elevada na superfície do solo existem condições para a formação de células ascendentes e conseqüentemente a movimentação ascendente do ar. Neste caso tem-se uma atmosfera instável, o que causa grande turbulência. A instabilidade é definida como o estado atmosférico no qual prevalecem os movimentos verticais

A caracterização de tais condições atmosféricas se faz de acordo com a distribuição vertical da temperatura do ar, isto é, uma camada atmosférica será estável ou instável dependendo do valor do gradiente vertical de temperatura observado na camada. A temperatura do ar geralmente diminui com a altitude, através do chamado processo adiabático. Quando o ar está seco as mudanças de temperatura se devem exclusivamente à expansão e contração do ar. Se o ar está saturado, como nas nuvens, por exemplo, a condensação do vapor d'água libera o calor latente, influndo na temperatura (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

O gradiente adiabático do ar seco é constante e igual a $0,0098^{\circ}\text{C.m}^{-1}$, ou seja, o ar se resfria aproximadamente 1°C a cada 100 m de altitude. O gradiente adiabático do ar úmido, devido à liberação do calor latente, não é constante, pois depende do teor de umidade do ar. Para o ar ligeiramente úmido, o gradiente é aproximadamente $0,6^{\circ}\text{C}$ por 100m e para o ar saturado, 2°C por 100 (SCHROEDER e BUCK, 1970; PYNE, 1984; SOARES, 1985).

Como na camada da troposfera o ar geralmente contém alguma umidade, o valor médio do gradiente adiabático recomendado para se estimar as temperaturas a diferentes níveis de altitude é $0,6^{\circ}\text{C}$ por 100m, isto é, a temperatura do ar geralmente diminui cerca de 6°C a cada quilômetro de altitude.

A atmosfera é considerada estável quando o gradiente de variação da temperatura com a altitude é menor do que o gradiente adiabático; instável quando o gradiente de variação da temperatura é maior do que o gradiente adiabático; e neutra quando os dois gradientes se equivalem (SCHROEDER e BUCK, 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).

Subsidência é o movimento descendente das grandes massas de ar. Este movimento apresenta baixas velocidades, entre 150 e 300 m.h⁻¹. O aquecimento adiabático do ar no processo da subsidência é responsável pela evaporação das gotículas de água das nuvens, provocando o desaparecimento dos *Cumulus* que se formam pela manhã, deixando o céu limpo, principalmente em algumas tardes de outono e inverno (SCHROEDER e BUCK; 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).

Inversão térmica é o aumento da temperatura do ar com a altitude, exatamente o inverso do que normalmente acontece, que é o resfriamento com a altitude. Isto ocorre principalmente em latitudes maiores, durante os meses mais frios do ano (meados do outono até início da primavera) em noites calmas de céu limpo, devido à intensa radiação da superfície terrestre. Pode ocorrer também devido ao acúmulo de ar frio nos fundos de vales e, nas camadas mais altas da atmosfera, devido à subsidência (SCHROEDER e BUCK; 1970; NAYA, 1984; SOARES, 1985; VAREJÃO-SILVA e REIS, 1988; VIANELLO e ALVES, 1991).

Quando há inversão térmica a atmosfera é altamente estável e isto pode causar sérios problemas ambientais pois devido à ausência de movimentos verticais a fumaça e outros agentes poluidores não se dispersam verticalmente, mas sim horizontalmente, agravando o problema da poluição nos grandes centros urbanos (SCHROEDER e BUCK; 1970; SOARES, 1985).

Existem alguns indicadores que ajudam a definir as condições de estabilidade ou instabilidade atmosférica mesmo sem a medição das temperaturas do ar a diversos níveis de altitude (SCHROEDER e BUCK; 1970; SOARES, 1985):

- a) Numa atmosfera estável predominam as nuvens em forma de camadas (*Stratus*); as colunas de fumaça se propagam horizontalmente após pequena elevação; a visibilidade na superfície da terra é ruim devido à formação de nevoeiro ou névoa seca; os ventos são constantes.
- b) Numa atmosfera instável predominam as nuvens de desenvolvimento vertical (*Cumulus*); as colunas de fumaça se propagam verticalmente até grandes alturas; existe boa visibilidade; há correntes ascendentes e descendentes de ar; pode haver formação de redemoinhos; os ventos são variáveis.

- c) Não é recomendável fazer queimas controladas em condições de estabilidade atmosférica, pois a dispersão vertical da fumaça pode causar problemas em áreas habitadas. Por outro lado, a ocorrência de incêndios florestais em condições de alta instabilidade, principalmente nas proximidades de áreas turbulentas (existência de *Cumulonimbus*), pode apresentar grande risco para as equipes de combate, devido aos fortes e variáveis ventos.

Segundo SCHROEDER e BUCK (1970), se a atmosfera possui a mesma temperatura em várias altitudes ou se existe uma camada de inversão térmica, tem-se uma atmosfera muito estável e neste caso não haverá movimentos ascendentes e haverá menos turbulência, o que torna os incêndios menos perigosos. Uma atmosfera instável favorece a ocorrência de grandes incêndios.

2.3 ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Segundo SOARES (1972a), índices de perigo de incêndio são indicadores que refletem, a probabilidade de ocorrer um incêndio, assim como a facilidade do mesmo se propagar, com base nas condições atmosféricas do dia ou de uma seqüência de dias.

Segundo CHENEY (1968), os índices de perigo de incêndios florestais fornecem uma resposta em 80% dos casos, o que é suficiente para o planejamento eficiente do controle de incêndios. Os índices são importantes porque permitem a previsão das condições de risco, o que possibilita a adoção de medidas preventivas mais eficazes e econômicas.

Um índice de perigo é um indicador quantitativo de uma ou mais variáveis do perigo de incêndios, expresso em sentido relativo ou como uma medida absoluta. Por razões práticas, um índice de perigo de incêndios se apresenta em classes de perigo, definindo-se uma classe de perigo como uma porção da escala numérica do perigo de incêndios florestais. (SOARES, 1984)

Segundo HEIKKILÄ et al (1993) um índice de perigo de incêndios é um importante indicador das condições de queima pois a cada dia indica a situação do comportamento do fogo esperada em função da umidade dos combustíveis florestais.

A estrutura dos índices de perigo de incêndio é baseada na variação de alguns fatores meteorológicos. Podem-se distinguir dois tipos de fatores determinantes do grau de perigo do incêndio: os de caráter permanente (material combustível, tipo de floresta e relevo) e os variáveis (condições climáticas). Os fatores de caráter permanente não são apropriados para a determinação do grau de perigo da ocorrência de incêndios pois, não apresentam variação a curto prazo. Os fatores de caráter permanente são úteis em índices mais complexos, que estimam a velocidade de propagação e o potencial de danos dos incêndios. Os fatores variáveis por sua vez apresentam uma base sólida para a determinação apenas do grau de perigo de ocorrência. (SOARES, 1984)

Os índices de perigo de incêndios podem ser divididos em dois grupos: **índices de ocorrência**, que indicam a probabilidade de ocorrência de um incêndio, isto é, se existem condições favoráveis ou não para o início da combustão e que normalmente se utilizam dos fatores variáveis; e **índices de propagação** que indicam o comportamento dos incêndios florestais e que utilizam os fatores variáveis como a velocidade do vento e alguns fatores de caráter permanente. Esses índices de propagação além de indicar das condições de combustão oferecem uma previsão do comportamento do fogo. (SOARES, 1984; VÉLEZ, 2000; MANTA, 2003)

Os cálculos dos índices de previsão de incêndios florestais baseiam-se principalmente nos fatores meteorológicos, existindo, no entanto, variações nos sistemas utilizados nos diversos países. O peso atribuído a determinados fatores, podem variar dentro de um país, em função das regiões que o compõem. Os índices de previsão mais usados adotam, para efeito de cálculo, os dados meteorológicos coletados às 13:00 horas. (SOARES, 1972a)

Segundo MANTA (2003), os índices baseados em elementos meteorológicos podem ser **não-acumulativos**, quando calculados com base nas condições meteorológicas do dia e **acumulativos** que empregam algum método de acumular as condições meteorológicas de dias passados.

Os países mais desenvolvidos possuem sistemas complexos, compostos de vários subsistemas que englobam todos os aspectos do comportamento do fogo como a ignição, a propagação, o tipo de combustível, declividade do terreno, fatores climáticos e meteorológicos. (SAMPAIO, 1999; MANTA, 2003)

2.3.1 Fórmula de Monte Alegre

Desenvolvido a partir de dados da região central do estado do Paraná, este índice, também acumulativo, utiliza duas variáveis: uma de forma direta, a umidade relativa do ar, medida às 13:00 h e outra de forma indireta, a precipitação diária. A sua equação básica é a seguinte (SOARES 1972b):

$$FMA = \sum_{i=1}^n (100 / H_i)$$

onde:

FMA = Fórmula de Monte Alegre

H = umidade relativa do ar (%), medida às 13:00 h

n = número de dias sem chuva maior que 13 mm

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito a restrições de precipitação, como mostra a Tabela 2.

TABELA 2 - RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DE FMA, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA.

Chuva do dia (mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar o somatório no dia seguinte ou quando a precipitação for ≤ 2,4

A interpretação do grau de perigo estimado pela Fórmula de Monte Alegre é feita através de uma escala, como apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 - ESCALA DE PERIGO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE

Valor de FMA	Grau de Perigo
≤ 1,0	Nulo
1,1 a 3,0	Pequeno
3,1 a 8,0	Médio
8,1 a 20,0	Alto
> 20,0	Muito alto

Segundo SOARES (1998) um dos principais pontos positivos da Fórmula de Monte Alegre é a sua simplicidade, pois só utiliza duas variáveis meteorológicas, umidade relativa e precipitação, que são de fácil obtenção.

2.3.2 Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺

Desenvolvida por NUNES (2005) para a Região Central do estado do Paraná, município de Telêmaco Borba, a Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺, inclui em sua estrutura a velocidade do vento e possui a seguinte equação básica:

$$FMA^+ = \sum_{i=1}^n (100 / H_i) e^{0,04 v}$$

onde: FMA⁺ = Fórmula de Monte Alegre Alterada

H = umidade relativa do ar em porcentagem, medida às 13:00 h

n = número de dias sem chuva maior que 13 mm

v = velocidade do vento em m/s, medida às 13:00h

e = base dos logaritmos naturais (2,718282)

Por ser acumulativo no que se refere à umidade relativa, o índice está sujeito a restrições de precipitação, como mostra a Tabela 4. Vale ressaltar que o efeito do vento não possui característica acumulativa, sendo aplicado à fórmula o valor da velocidade do vento às 13:00 h de cada dia.

TABELA 4 - RESTRIÇÕES AO SOMATÓRIO DE FMA⁺, DE ACORDO COM A PRECIPITAÇÃO DO DIA.

Chuva do dia (mm)	Modificação no cálculo
≤ 2,4	Nenhuma
2,5 a 4,9	Abater 30% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
5,0 a 9,9	Abater 60% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
10,0 a 12,9	Abater 80% na FMA calculada na véspera e somar (100/H) do dia.
> 12,9	Interromper o cálculo (FMA = 0) e recomeçar o somatório no dia seguinte ou quando a precipitação for ≤ 2,4

A interpretação do grau de perigo estimado pela FMA⁺ é feita através de uma escala, como apresentado na Tabela 5.

TABELA 5 - ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺

Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
≤ 3,0	Nulo
3,1 a 8,0	Pequeno
8,1 a 14,0	Médio
14,1 a 24,0	Alto
> 24,0	Muito alto

2.4 MODELAGEM FUNCIONAL

Segundo YOURDON (1992) e POMPILO (1995), a modelagem funcional se baseia na representação em forma gráfica da interdependência das funções que compõem um sistema. Alguns elementos gráficos são utilizados para caracterizar os processos e os dados manipulados pelos processos.

O primeiro nível de detalhamento é representado pelo Diagrama de Contexto que dá uma idéia geral do sistema e de seu relacionamento com entidades externas a ele.

O segundo nível de detalhamento é representado pelos Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1, que apresenta uma visão geral dos principais processos que irão compor o sistema.

O Terceiro nível de detalhamento é representado pelos Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 2, que apresenta de forma detalhada os processos que irão compor o sistema.

2.5 MODELAGEM DE DADOS

A maioria dos bancos de dados existentes segue um modelo conhecido por modelo relacional, que se caracteriza por uma coleção de tabelas, cada qual designada por um nome único. Uma tupla numa tabela representa um relacionamento entre um conjunto de valores. Como uma tabela é uma coleção de relacionamentos, existe uma correspondência entre o conceito de tabela e o

conceito matemático de relação. Por essa correspondência entre tabela e relação, originou-se o nome "modelo relacional" (SILBERSCHATZ *et al*, 1999; DATE, 2000).

O estudo do modelo de dados relacional apresenta 3 aspectos:

- a) Aspectos estruturais: formalizam matematicamente a maneira como os dados estão organizados no modelo. Esta formalização é baseada na teoria dos conjuntos;
- b) Aspectos de integridade: descrevem os procedimentos para garantir a integridade de dados quando da ocorrência de operações de atualização de dados;
- c) Aspectos de manipulação: descrevem as linguagens formais e comerciais definidas para o modelo.

A estrutura do modelo relacional baseia-se em 5 conceitos: domínio que é o conjunto de valores permitidos para um dado; atributo que é um item de dado do banco de dados; tupla que é um conjunto de pares (atributo, valor); relação que é um conceito matemático que explica o relacionamento entre um conjunto de valores e chave que é o conjunto de um ou mais atributos de uma relação.

2.6 PROJETO DE BANCO DE DADOS

Todo sistema de banco de dados deve apresentar um projeto, que visa a organização das informações e utilização de técnicas para que o futuro sistema obtenha bom desempenho e também facilite as manutenções necessárias.

O projeto de banco de dados se dá em duas fases:

- a) Modelagem conceitual;
- b) Projeto lógico.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA⁺) PARA O ESTADO DO PARANÁ

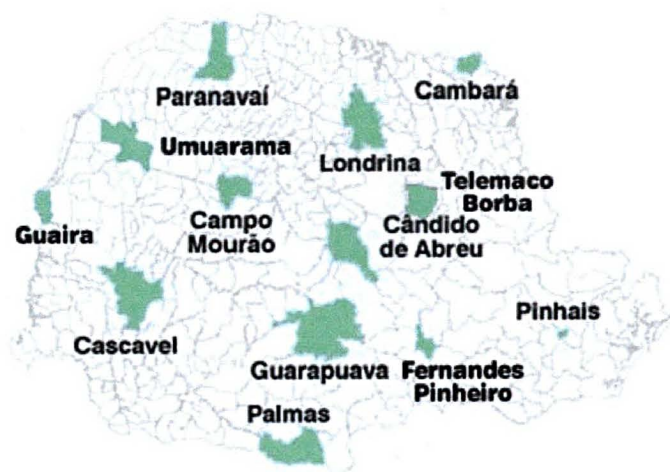
3.1.1 Caracterização da Área de Estudo

Para o desenvolvimento deste estudo foram utilizadas 13 regiões do estado do Paraná. Cada uma das regiões possui uma estação meteorológica identificada por seu código e sua posição geográfica – latitude, longitude e altitude, como apresentado na Tabela 6. A Figura 1 apresenta a distribuição das regiões a serem incluídas neste estudo.

TABELA 6 – LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS NAS REGIÕES DE ESTUDO

Estação	Código	Latitude	Longitude	Altitude
1. Cambará	23005002	23° 00' 00" S	50° 02' 00" W	545
2. Campo Mourão	24035222	24° 03' 00" S	52° 22' 00" W	630
3. Cândido de Abreu	24385115	24° 38' 00" S	51° 15' 00" W	540
4. Cascavel	24535333	24° 53' 00" S	53° 33' 00" W	800
5. Fernandes Pinheiro	25275035	25° 24' 00" S	50° 32' 00" W	824
6. Guaira	24045415	24° 04' 00" S	54° 15' 00" W	270
7. Guarapuava	25215130	25° 21' 00" S	51° 30' 00" W	1.120
8. Londrina	23185109	23° 18' 00" S	51° 09' 00" W	585
9. Palmas	26285158	26° 28' 00" S	51° 58' 00" W	1.160
10. Paranavaí	23055226	23° 05' 00" S	52° 26' 00" W	470
11. Pinhais	25254905	25° 25' 00" S	49° 05' 00" W	893
12. Telêmaco Borba	Klabin	24° 08' 00" S	50° 30' 00" W	750
13. Umuarama	23445317	23° 44' 00" S	53° 17' 00" W	430

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO NO ESTADO DO PARANÁ



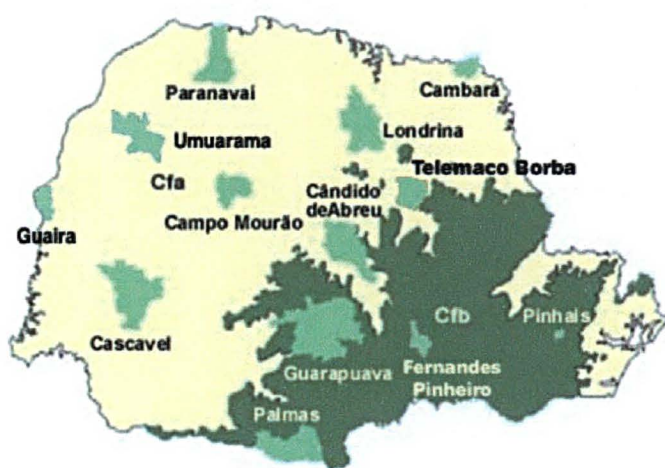
3.1.2 Informações sobre o Clima

Os climas das regiões consideradas neste estudo, segundo a classificação de Köppen (TREWARTHA e HORN, 1980) são apresentados na Figura 2. As regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guaira, Londrina, Paranavaí e Umuarama enquadram-se no tipo Cfa, caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, apresentando verões quentes (temperatura média superior a 22°C), invernos com geadas pouco frequentes (temperatura média inferior a 18°C), sem estação seca definida.

As regiões de Fernandes Pinheiro, Guarapuava, Palmas e Pinhais enquadram-se no tipo Cfb, caracterizado por possuir um clima Subtropical Úmido Mesotérmico, segundo a classificação de Köppen, apresentando verões frescos (temperatura média inferior a 22°C), invernos com ocorrências de geadas severas e frequentes (temperatura média inferior a 18°C), não apresentando estação seca.

O clima da região de Telêmaco Borba, segundo a classificação de Köppen, é Cfa/Cfb, subtropical úmido de transição para temperado propriamente dito, com temperatura média do mês mais frio inferior a 16°C , ocorrência de geadas, e a temperatura média do mês mais quente superior em torno de 22°C .

FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA CLIMÁTICO DO PARANÁ

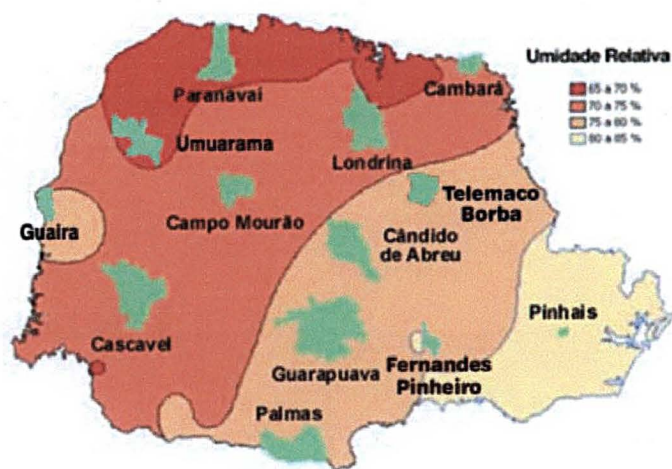


FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

Na Figura 3 é apresentada a distribuição das regiões de estudo através do mapa de umidade relativa do estado do Paraná. Como se pode observar a região

de Paranavaí e Umuarama apresentam umidade relativa média anual entre 65 e 70 %, as regiões de Cambará, Londrina, Campo Mourão e Cascavel apresentam umidade relativa média anual entre 70 e 75 %, as regiões de Cândido de Abreu, Fernandes Pinheiro, Guaíra, Guarapuava, Palmas e Telêmaco Borba apresentam umidade relativa média anual entre 75 e 80 % e a região de Pinhais apresenta umidade relativa média anual entre 80 e 85 %.

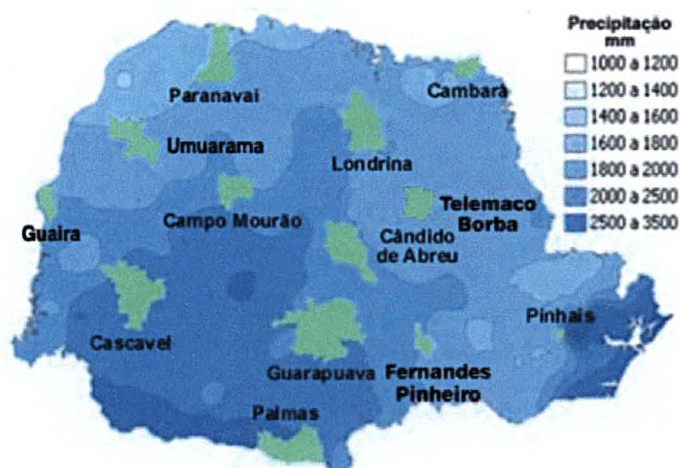
FIGURA 3 - DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE UMIDADE RELATIVA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

Na Figura 4 é apresentada a distribuição das regiões de estudo através do mapa de precipitação do estado do Paraná. A região de Paranavaí, Guaíra e Umuarama apresentam precipitações médias anuais de 1400 a 1800 mm, a região de Cambará apresenta precipitações médias anuais de 1400 a 1600 mm, as regiões de Londrina e Telêmaco Borba apresentam precipitações médias anuais de 1600 a 2000 mm, as regiões de Campo Mourão, Cândido de Abreu e Fernandes Pinheiro apresentam precipitações médias anuais de 1600 a 1800 mm, as regiões de Cascavel, Guarapuava e Pinhais apresentam precipitações médias anuais de 2000 a 2500 mm e a região de Palmas apresenta precipitações médias anuais superiores a 2500 mm.

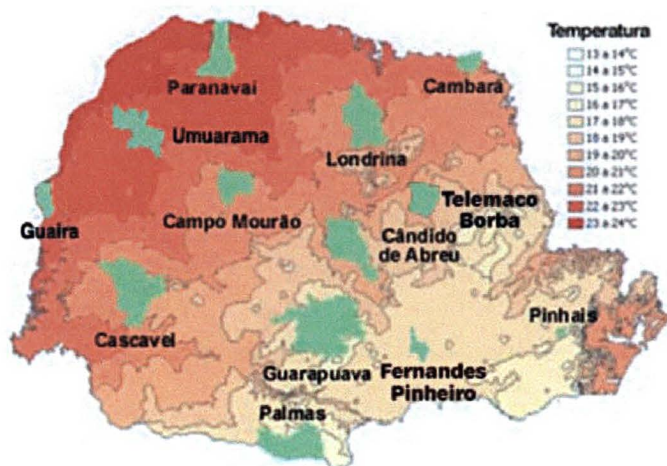
FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

Na Figura 5 é apresentada a distribuição das regiões de estudo através do mapa de temperatura do Estado do Paraná. Como a classificação climática indica, observa-se que as regiões de Paranavaí, Camborá, Guairá, Umuarama, Londrina, Campo Mourão e Cascavel apresentam temperaturas superiores a 22°C, e as regiões de Cândia de Abreu, Fernandes Pinheiro, Guarapuava, Palmas, Pinhais e Telêmaco Borba apresentam temperaturas mais amenas, abaixo de 22°C.

FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DAS REGIÕES DE ESTUDO NO MAPA DE TEMPERATURA MÉDIA ANUAL DO ESTADO DO PARANÁ



FONTE: ADAPTADO DE IAPAR (1994)

3.1.3 Processo Metodológico

De uma maneira geral, o processo metodológico envolveu os seguintes passos:

- a) Obtenção dos dados meteorológicos de umidade relativa, precipitação e vento;
- b) Obtenção de dados de incêndios florestais para o Estado do Paraná;
- c) Ajustes da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺;
- d) Especificação de um sistema computacional integrado com o objetivo de calcular FMA e FMA⁺ e registrar as ocorrências de incêndios em uma região;
- e) Desenvolvimento de um sistema computacional integrado que permita ao usuário calcular automaticamente FMA e FMA⁺ e registrar as ocorrências de incêndios em uma região.

Essas etapas serão detalhadas a seguir.

3.1.3.1 Obtenção dos dados meteorológicos

A base de dados climatológicos usada neste trabalho foi fornecida pelo Instituto Tecnológico SIMEPAR e pela Klabin S.A. Os dados analisados se referem ao período de junho de 1998 a maio de 2003 para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba, Pinhais e Telêmaco Borba, de janeiro de 2000 a dezembro de 2006 para a região de Fernandes Pinheiro e de setembro de 2002 a agosto de 2006 para as regiões de Guaíra e Umuarama. Para cada região foram obtidos dados diários de umidade relativa e vento às 13:00 h e precipitação diária.

3.1.3.2 Obtenção dos dados de incêndios florestais para o estado do Paraná

Para realizar os ajustes na Fórmula de Monte Alegre Alterada, foram obtidas informações sobre ocorrências de incêndios, tais como data de ocorrência, hora de início e de término e área queimada. Os dados foram fornecidos pelo Corpo de Bombeiros do estado do Paraná, por meio das unidades: 1º GB Curitiba; 2º GB Ponta Grossa; 3º GB Londrina; 4º GB Cascavel; 5º GB Maringá; 6º GB São José dos Pinhais; 1º SGBI Foz do Iguaçu; 2º SGBI Paranaguá e pela Klabin S.A.

As ocorrências de incêndios e as áreas queimadas nas regiões estudadas foram analisadas ao longo de diferentes períodos, em 7 das 13 regiões estudadas, em função da disponibilidade de dados de incêndios florestais.

A região de Cambará foi analisada para o período de 01/01/1999 a 31/12/2001, totalizando 1096 dias de observação. A região de Guarapuava foi analisada para o período de 01/06/1998 a 31/12/1999, totalizando 579 dias de observação. As regiões de Campo Mourão, Cascavel, Londrina e Pinhais foram analisadas para o período de 01/06/1998 a 31/12/2001, totalizando 1310 dias de observação. A região de Telêmaco Borba foi analisada para o período de 01/06/1998 a 31/05/2003, totalizando 1826 dias de observação.

3.1.3.3 Ajustes da Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺;

Para realizar os ajustes na Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺; foram utilizados dados meteorológicos de umidade relativa, precipitação e vento e dados de ocorrência de incêndios como a hora de início e de término e a área queimada, para o período estudado.

Estabeleceu-se que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo, de tal maneira que, quanto maior a classe de perigo, menor o número de dias previstos para ela.

Em relação às variáveis número de incêndios ocorridos, área queimada e área queimada média em cada classe de perigo, procurou-se estabelecer uma relação direta, de tal maneira que quanto maior a classe de perigo, maiores os valores observados para essas variáveis.

Para a definição das novas classes de perigo, utilizou-se como critério a distribuição do número de dias previstos por classe de perigo, o número de incêndios ocorridos por classe de perigo, a área queimada em cada classe de perigo e a área queimada média em cada classe de perigo.

Foram realizadas análises numéricas e gráficas em cada uma dessas variáveis, com o objetivo de se definir os limites de cada classe de perigo que iria compor a nova tabela de classes de perigo.

3.1.3.3.1 Distribuição diária dos graus de perigo, das ocorrências de incêndios e das áreas queimadas

Foram quantificados e analisados os números de dias para cada classe de grau de perigo e os percentuais que os mesmos representam em cada classe de perigo, para as 13 regiões estudadas. Também foram quantificadas e analisadas as ocorrências de incêndios e as áreas queimadas para 7 das 13 regiões.

3.1.3.3.2 Desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺ por região

Para analisar o desempenho da Formula de Monte Alegre Alterada foi utilizado o método conhecido como *skill score*, que se baseia em uma tabela de contingência que contém os valores observados e os valores previstos para um evento em uma população. As Tabelas 7 e 8 ilustram como são realizados os cálculos para se obter o *skill score*.

TABELA 7 – TABELA DE CONTINGÊNCIA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	a	b	N2 = a + b
	Não incêndio	c	d	N4 = c + d
Total Observado		N1 = a + c	N3 = b + d	N = a + b + c + d

TABELA 8 – CÁLCULOS DA TABELA DE CONTINGÊNCIA

Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	a / (a + c)	b / (b + d)	1
	Não incêndio	c / (a + c)	d / (b + d)	1
Total Observado		1	1	

As variáveis necessárias à realização dos cálculos são:

N – Número total de observações

$N = a + b + c + d$

G – Número de acertos na previsão

$G = a + d$

H – Número esperado de acertos

$H = N \cdot (1 - p) \cdot (1 - q) + N \cdot p \cdot q$

onde:

$p = N1 / N$ e $q = N2 / N$

SS – *Skill score*

$SS = (G - H) / (N - H)$

PS – Porcentagem de sucesso

$PS = G / N$

O *skill score* (SS) é a razão da diferença entre os acertos na previsão (G) e o número esperado de acertos (H) e a diferença entre os números de dias observados (N) e o número de dias com previsão de acertos. O método *skill score* é descrito de forma mais detalhada em SAMPAIO (1999).

Para analisar o desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada, foi definido o ponto que indica a ocorrência e a não ocorrência de incêndio. Esta decisão será tomada com base na escala de perigo da Fórmula de Monte Alegre Alterada. Foram considerados como não indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndios os graus de perigo Nulo e Pequeno e como indicativos da probabilidade de ocorrência de incêndio os graus de perigo Médio, Alto e Muito Alto. A partir desta definição foram calculados o *skill score* e as porcentagens de sucesso para cada região. Os resultados obtidos, depois de analisados, permitiram a definição do desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada em cada região.

3.2 ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

Após a análise do problema foram criados o Diagrama de Contexto e os Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1 e de Nível 2, de acordo com as técnicas de modelagem funcional (YOURDON, 1992; GANE e SARSON, 1995; POMPILO, 1995). Foram também definidas as funções de todos os processos que irão compor o futuro sistema.

3.2.1 Modelo Conceitual

Na especificação do Modelo Conceitual foi feita a descrição do banco de dados de maneira independente do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD, ou seja, foram definidos quais os dados que aparecerão no banco de dados, mas sem se importar com a implementação. Desta forma, há uma abstração em relação ao SGBD, permitindo que o mesmo seja implementado em qualquer tipo de SGBD. Uma das técnicas mais utilizadas para representar o Modelo Conceitual é a abordagem Entidade-Relacionamento, onde o modelo é representado graficamente através do Diagrama Entidade-Relacionamento – DER, técnica que foi utilizada neste trabalho.

3.2.2 Modelo Lógico

Na especificação do Modelo Lógico foi feita a descrição do banco de dados considerando a adoção de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional. O Modelo Lógico depende do tipo particular de SGBD que será usado. Não se deve confundir com o software que será usado. O tipo de SGBD que o modelo lógico trata se refere à estrutura a ser utilizada e pode ser relacional, orientado a objetos ou hierárquico. O modelo de banco de dados relacional adotado neste trabalho exige a definição das tabelas e o nome das colunas que irão compor estas tabelas.

3.3 DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

A partir das análises da estrutura dos dados de entrada, das informações a serem geradas e da funcionalidade desejada, foi desenvolvido um sistema computacional usando a linguagem Borland Delphi 6.0 com acesso via Borland Database Engine – BDE e base de dados Paradox. O sistema permite calcular o índice de perigo de incêndios florestais pela Fórmula de Monte Alegre – FMA e pela Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺ e armazenar informações referentes à ocorrência de incêndios florestais, permitindo a geração de estatísticas sobre índices de perigo e sobre a ocorrência de incêndios florestais.

Outras funcionalidades foram incorporadas na especificação como a correção da umidade relativa das 9:00 e 15:00 para as 13:00 horas, o cálculo da umidade relativa a partir das temperaturas obtidas com o uso de um psicrômetro, da altitude do local e da constante psicrométrica

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA – FMA⁺ PARA O ESTADO DO PARANÁ

A partir da premissa de que o número de dias previstos em cada classe de perigo deveria ter uma relação inversa com a classe de perigo e que as variáveis incêndios ocorridos, área queimada e área queimada média em cada classe de perigo tivesse uma relação direta com a classe de perigo, foram feitas análises com essas variáveis para verificar a adequação da Fórmula de Monte Alegre Alterada para cada região.

4.1.1. Número de Dias Previstos

A primeira análise realizada foi determinar o número de dias previstos em cada classe de perigo, utilizando-se a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) em sua configuração original, como definida por NUNES (2005), cuja escala de perigo é apresentada na Tabela 9. Os valores obtidos são apresentados na Tabela 10 e nas Figuras 6 a 18.

TABELA 9 - ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ ORIGINAL

Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
≤ 3,0	Nulo
3,1 a 8,0	Pequeno
8,1 a 14,0	Médio
14,1 a 24,0	Alto
> 24,0	Muito alto

TABELA 10 – NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ ORIGINAL

Regiões	Dias Previstos no Período										TOTAL	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito Alto			
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Cambará	387	21,19	371	20,32	284	15,55	306	16,76	478	26,18	1826	100,00
Campo Mourão	427	23,38	419	22,95	333	18,24	285	15,61	362	19,82	1826	100,00
Cândido de Abreu	492	26,94	445	24,37	363	19,88	275	15,06	251	13,75	1826	100,00
Cascavel	496	27,16	418	22,89	329	18,02	291	15,94	292	15,99	1826	100,00
Fernandes Pinheiro	644	25,19	634	24,40	503	19,67	420	16,43	366	14,31	2557	100,00
Guaira	290	19,85	293	20,05	312	21,36	261	17,86	305	20,88	1461	100,00
Guarapuava	491	26,89	444	24,32	356	19,50	298	16,32	237	12,98	1826	100,00
Londrina	451	24,70	418	22,89	310	16,98	284	15,55	363	19,88	1826	100,00
Palmas	530	29,03	464	25,41	332	18,18	206	11,28	294	16,10	1826	100,00
Paranavaí	405	22,18	394	21,58	310	16,98	326	17,85	391	21,41	1826	100,00
Pinhais	420	23,00	412	22,56	337	18,46	286	15,66	371	20,32	1826	100,00
Telêmaco Borba	504	27,60	463	25,36	351	19,22	278	15,22	230	12,60	1826	100,00
Umuarama	319	21,83	290	19,85	232	15,88	250	17,11	370	25,33	1461	100,00

FIGURA 6 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ ORIGINAL

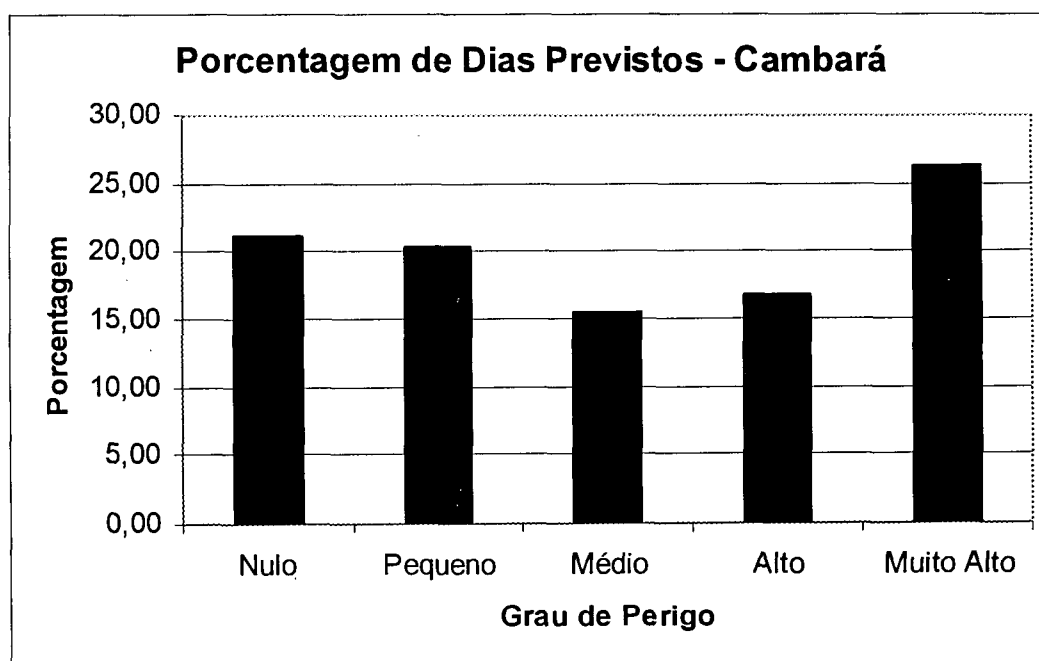


FIGURA 7 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA⁺ ORIGINAL

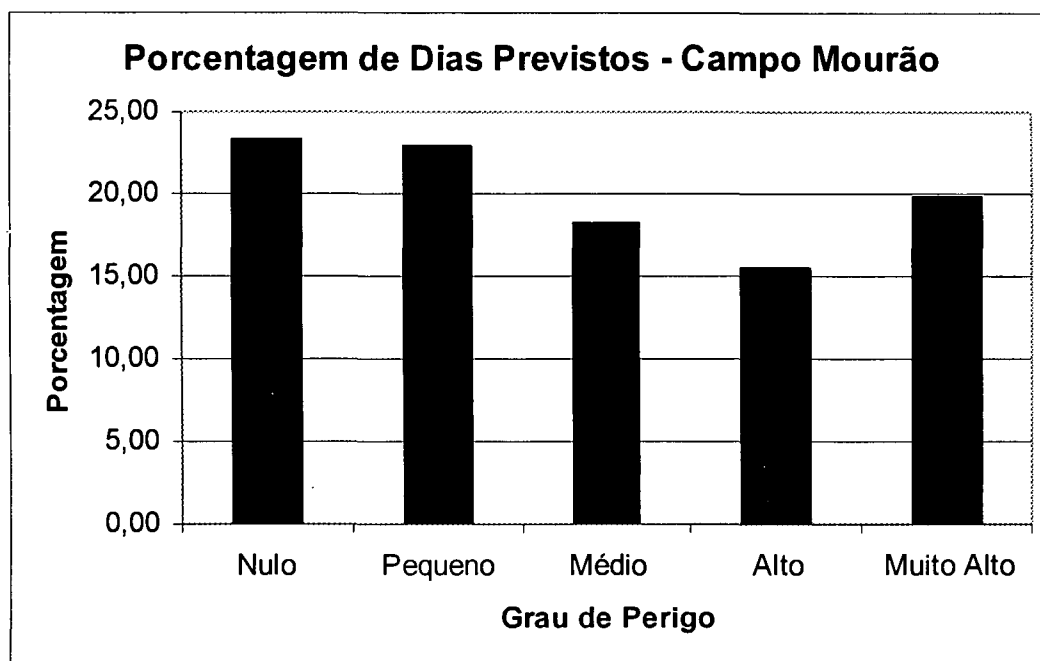


FIGURA 8 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CÂNDIDO DE ABREU -FMA⁺ ORIGINAL

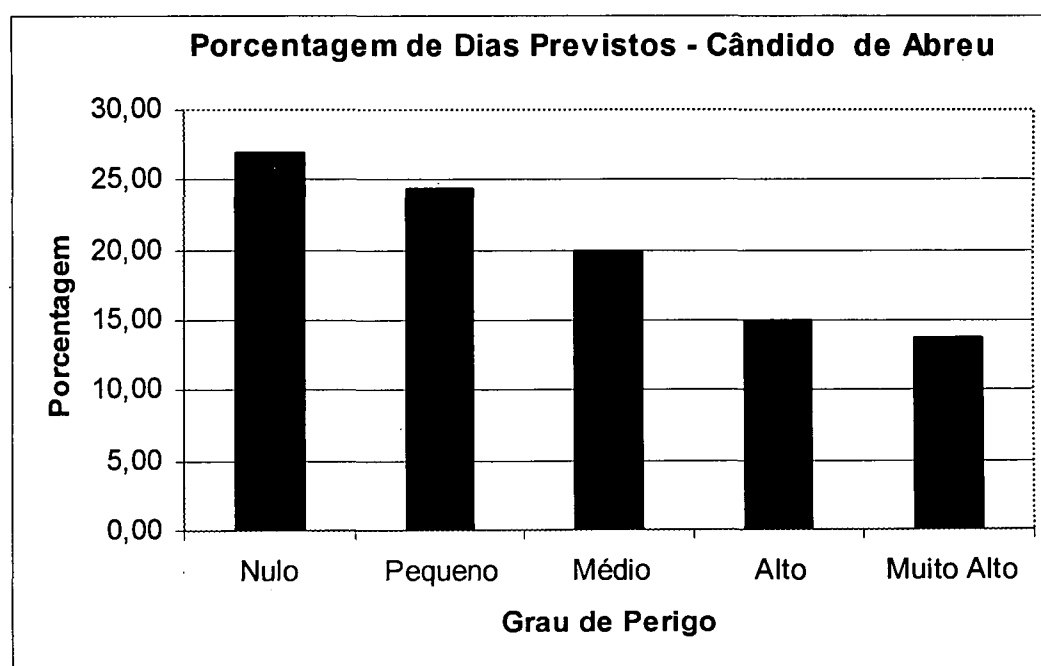


FIGURA 9 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA⁺ ORIGINAL

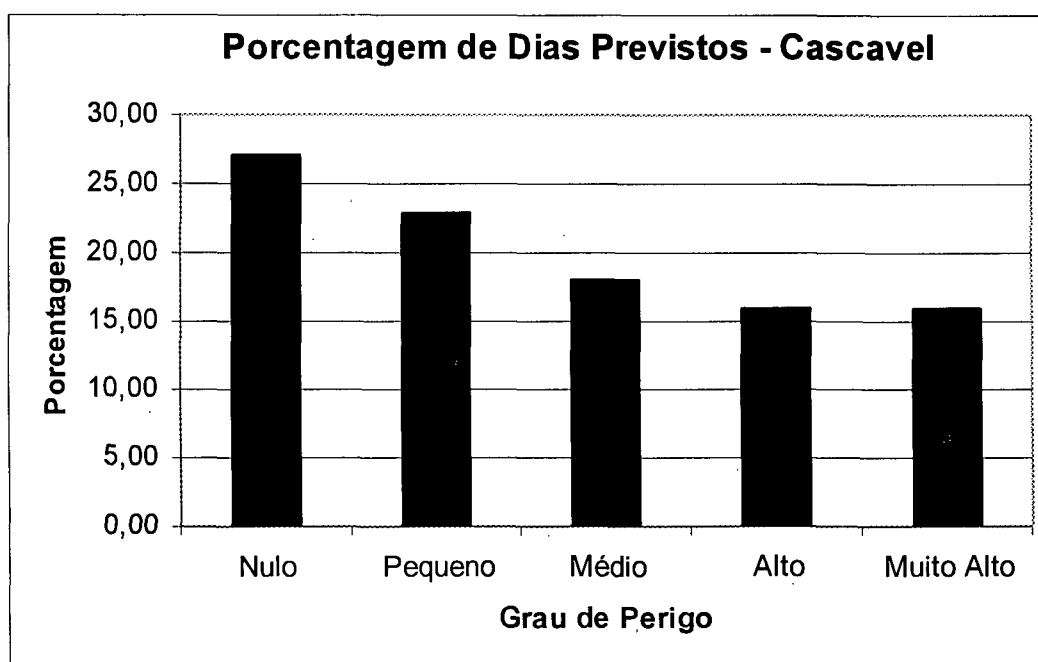


FIGURA 10.– PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA FERNANDES PINHEIRO - FMA⁺ ORIGINAL

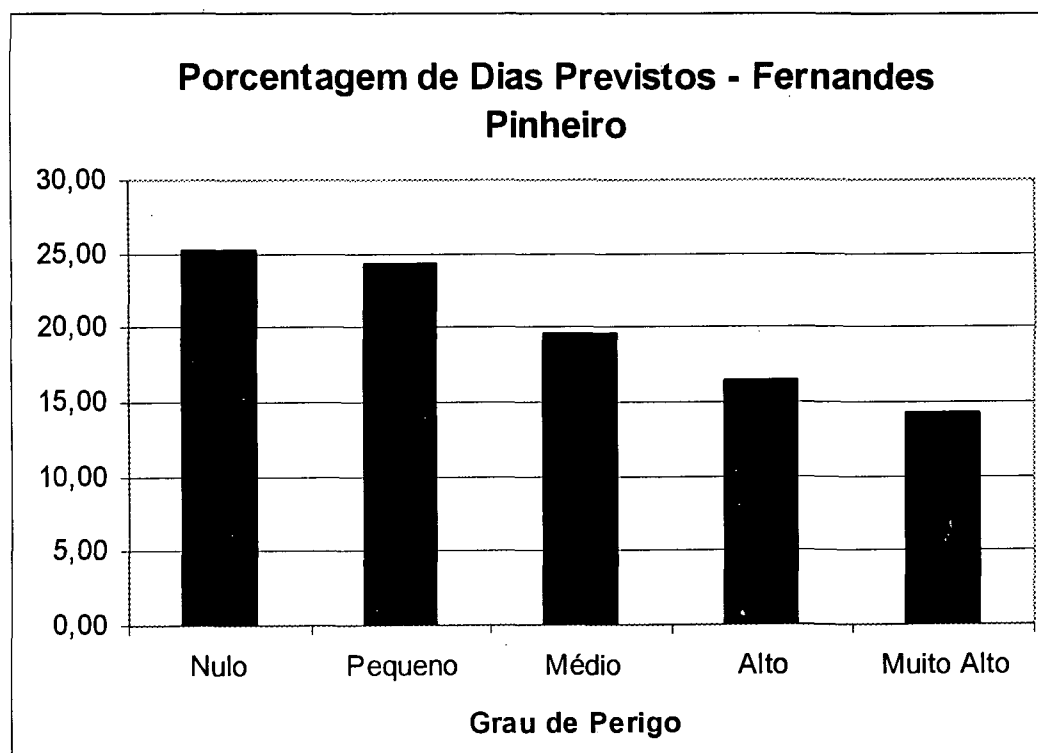


FIGURA 11 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA⁺ ORIGINAL

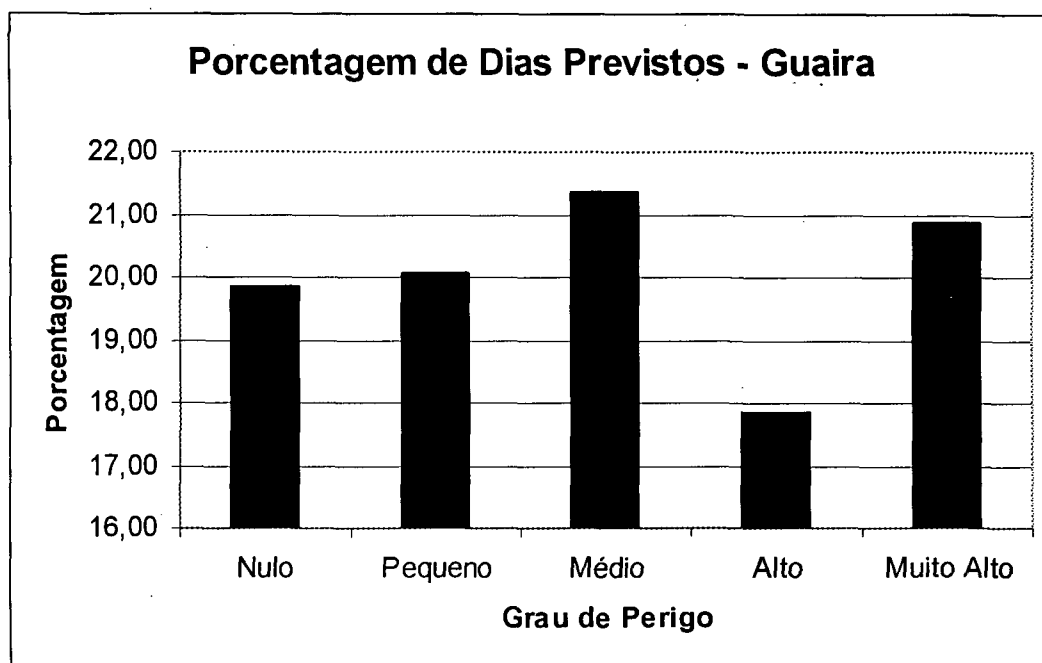


FIGURA 12 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA⁺ ORIGINAL

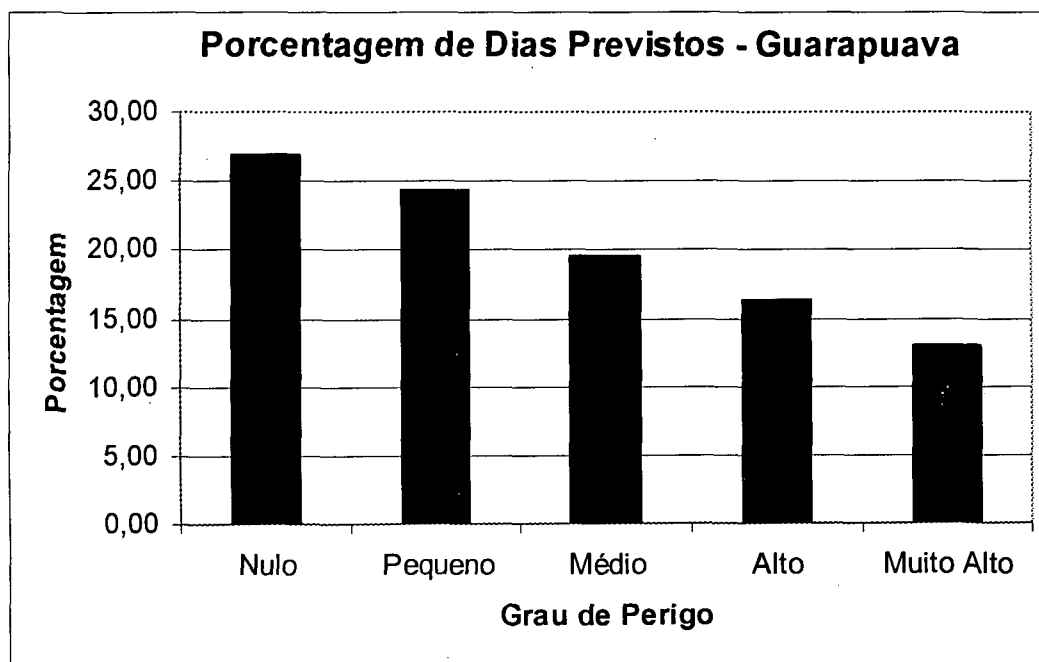


FIGURA 13 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA⁺ ORIGINAL

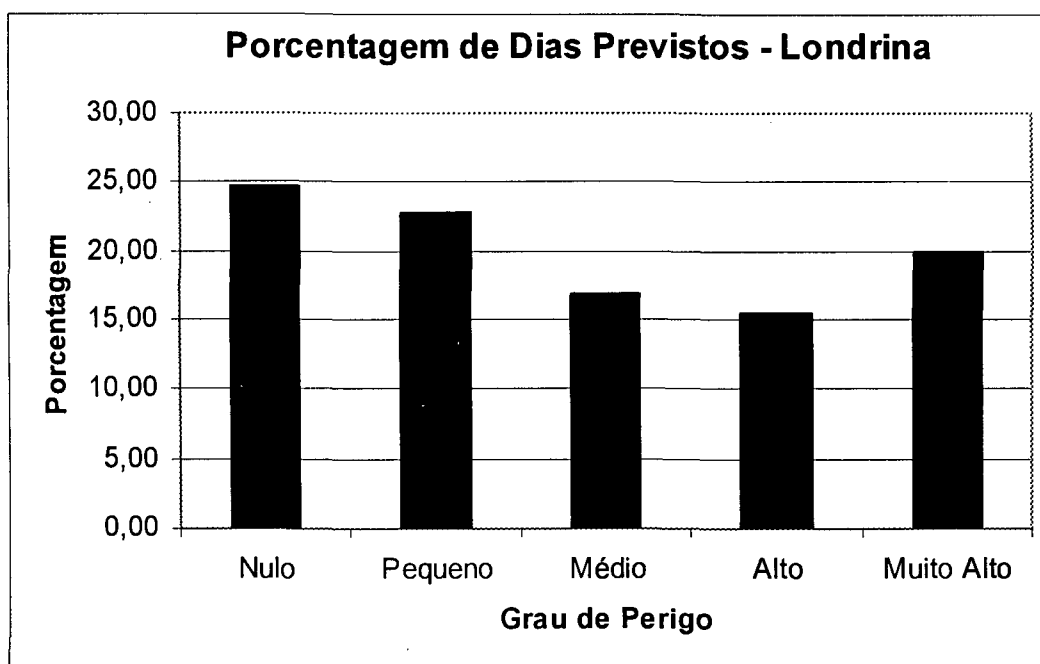


FIGURA 14 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PALMAS - FMA⁺ ORIGINAL

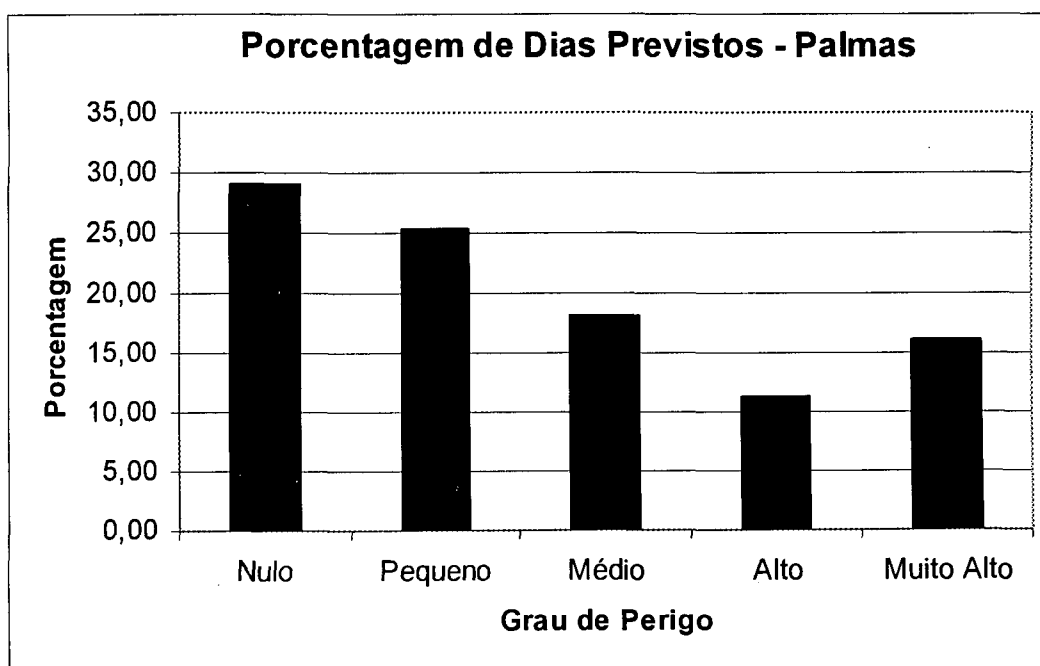


FIGURA 15 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAVAI - FMA⁺ ORIGINAL

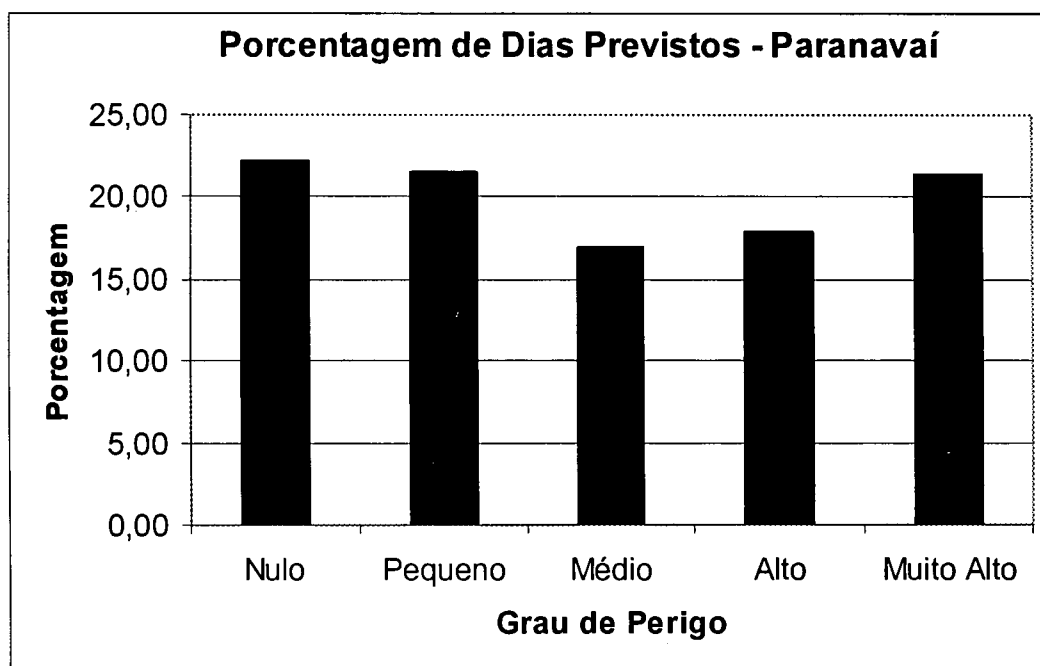


FIGURA 16 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA⁺ ORIGINAL

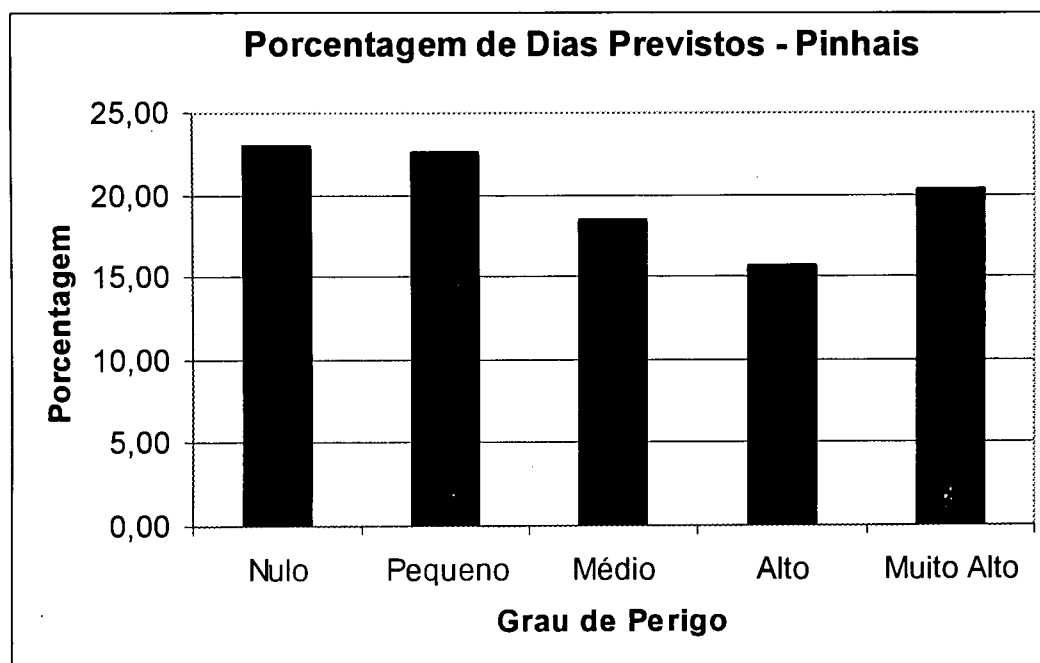


FIGURA 17 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA⁺ ORIGINAL

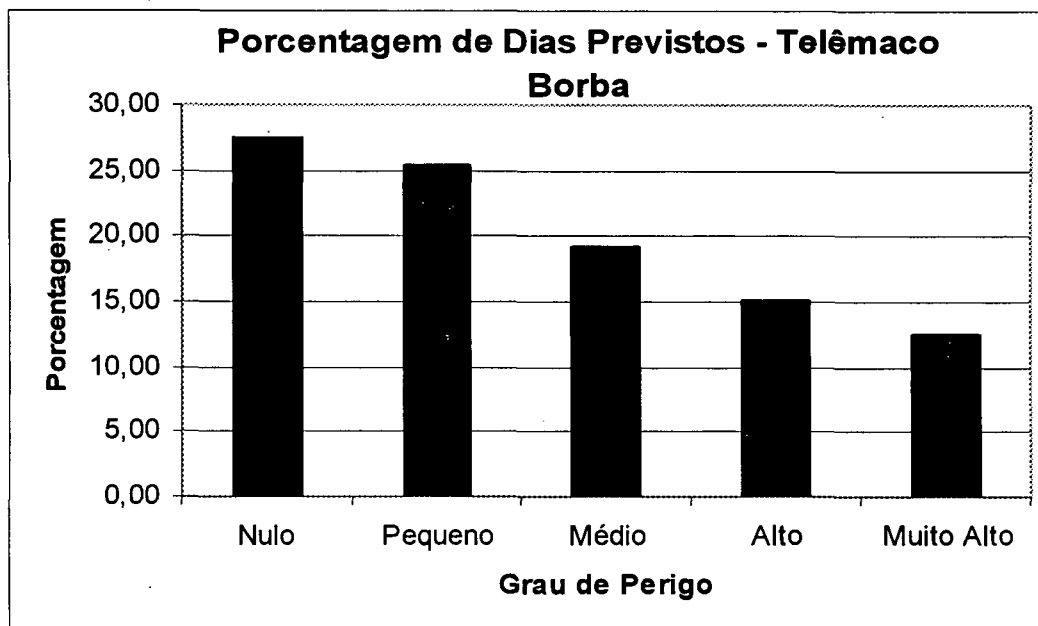
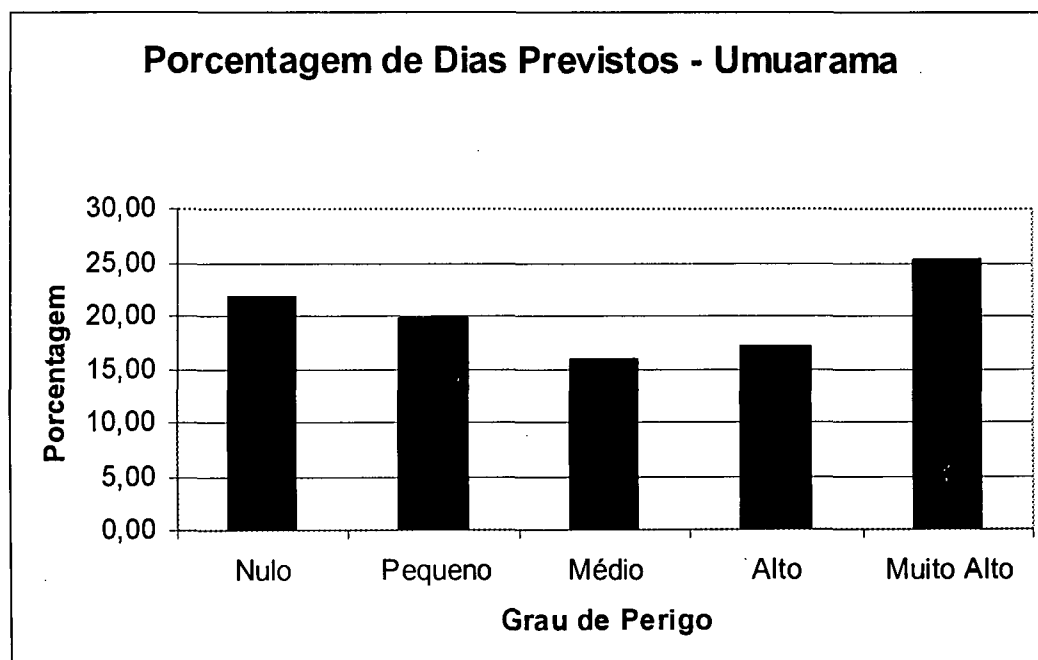


FIGURA 18 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA⁺ ORIGINAL



As regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava e Telêmaco Borba apresentaram resultados que indicam bom desempenho da FMA⁺, uma vez que preserva a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostram as Figuras 8, 9, 10, 12 e 17.

As regiões de Cambará, Campo Mourão, Guaira, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais e Umuarama não apresentaram resultados satisfatórios (Figuras 6, 7, 11, 13, 14, 15, 16 e 18), o que indica a necessidade de se ajustar a FMA⁺ para essas regiões.

A escala de perigo foi ajustada, como mostra a Tabela 11. Na Tabela 12 e nas Figuras 19 a 26 observam-se os valores obtidos a partir da escala de perigo ajustada, denominada "Ajuste 1".

TABELA 11 - ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ - AJUSTE 1

Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
≤ 4,0	Nulo
4,1 a 9,0	Pequeno
9,1 a 16,0	Médio
16,1 a 30,0	Alto
> 30,0	Muito alto

TABELA 12 – NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ AJUSTE 1

Regiões	Dias Previstos no Período										TOTAL	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito Alto			
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Cambará	483	26,45	328	17,96	307	16,81	355	19,44	353	19,33	1826	100,00
Campo Mourão	527	28,86	386	21,14	361	19,77	296	16,21	256	14,02	1826	100,00
Guaira	359	24,57	289	19,78	307	21,01	276	18,89	230	15,74	1461	100,00
Londrina	556	30,45	366	20,04	333	18,24	313	17,14	258	14,13	1826	100,00
Palmas	632	34,61	452	24,75	308	16,87	228	12,49	206	11,28	1826	100,00
Paranavaí	510	27,93	341	18,67	335	18,35	363	19,88	277	15,17	1826	100,00
Pinhais	529	28,97	371	20,32	349	19,11	309	16,92	268	14,68	1826	100,00
Umuarama	383	26,21	268	18,34	255	17,45	261	17,86	294	20,12	1461	100,00

FIGURA 19 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ AJUSTE1

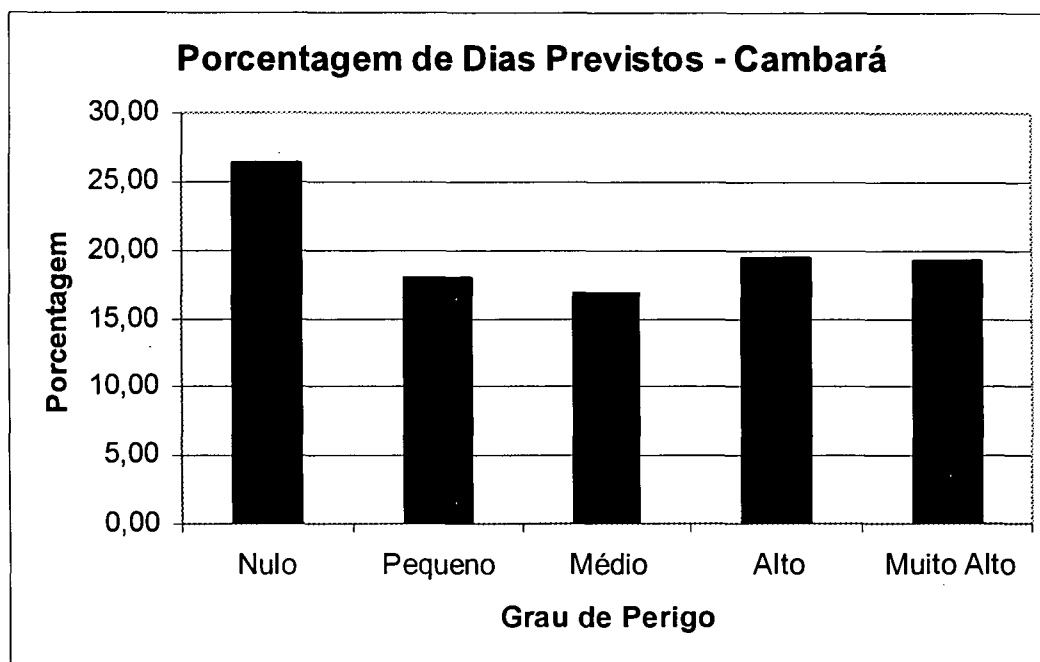


FIGURA 20 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA⁺ AJUSTE1

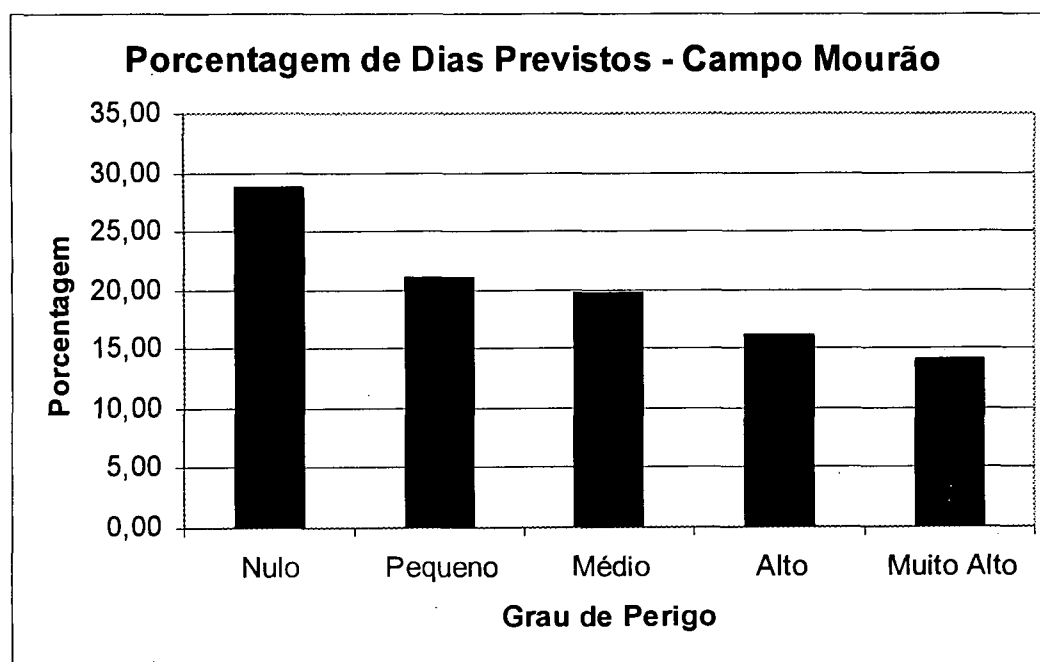


FIGURA 21 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA⁺ AJUSTE1

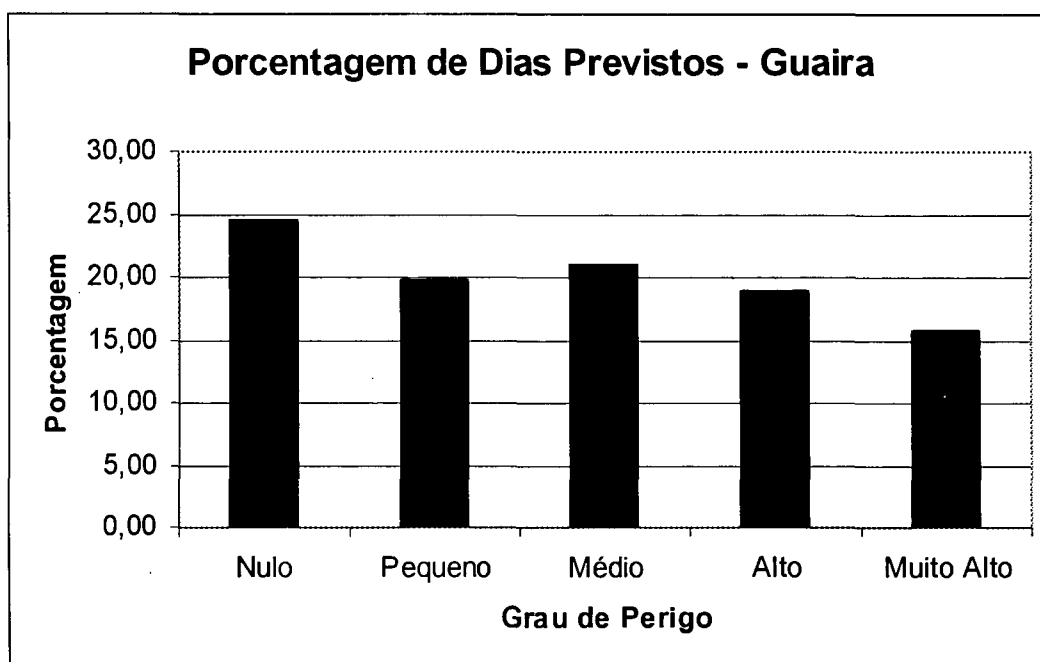


FIGURA 22 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA⁺ AJUSTE1

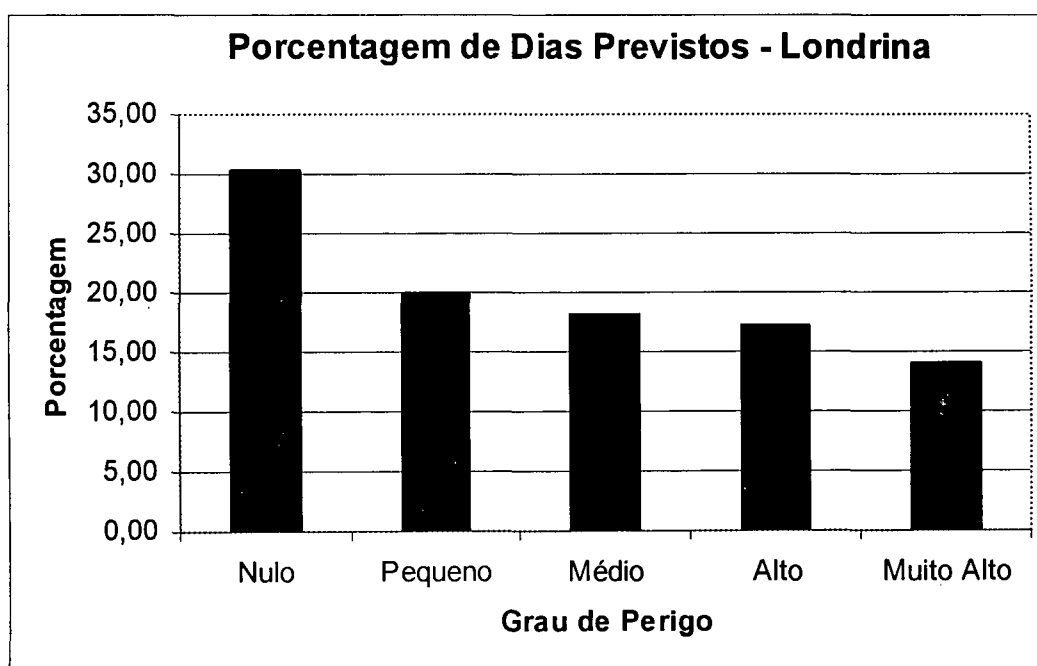


FIGURA 23 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PALMAS - FMA⁺ AJUSTE 1

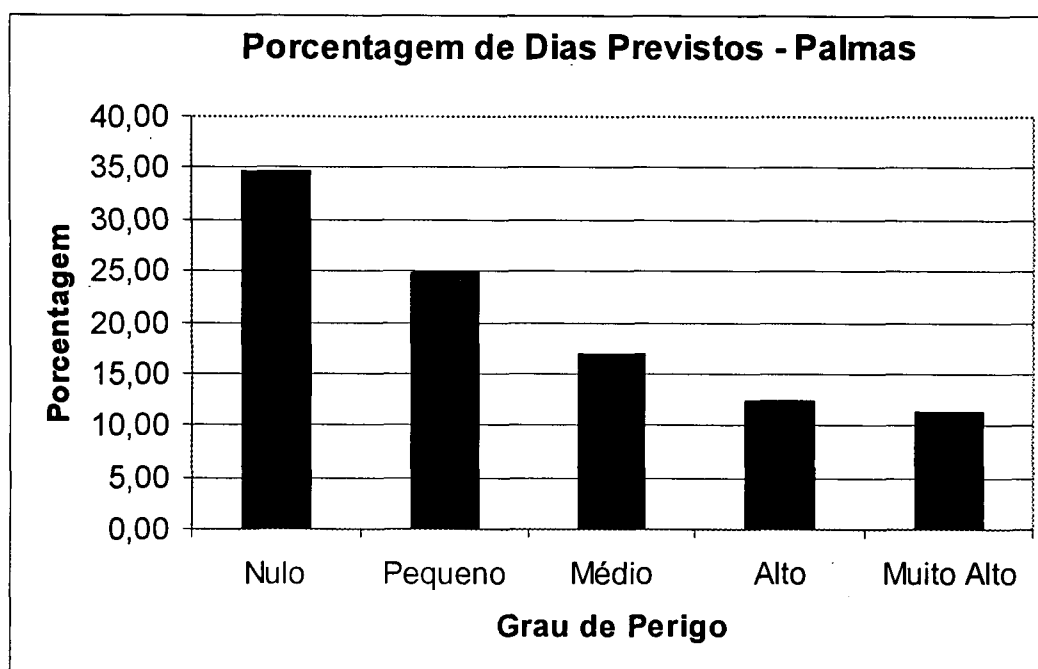


FIGURA 24 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAVAI - FMA⁺ AJUSTE1

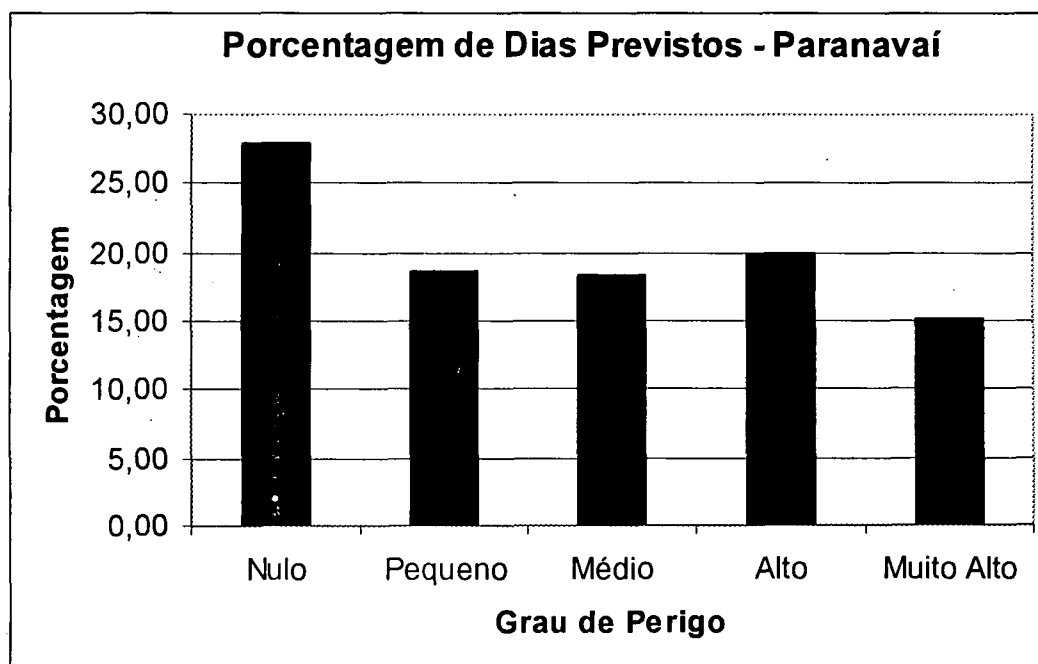


FIGURA 25 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA⁺ AJUSTE1

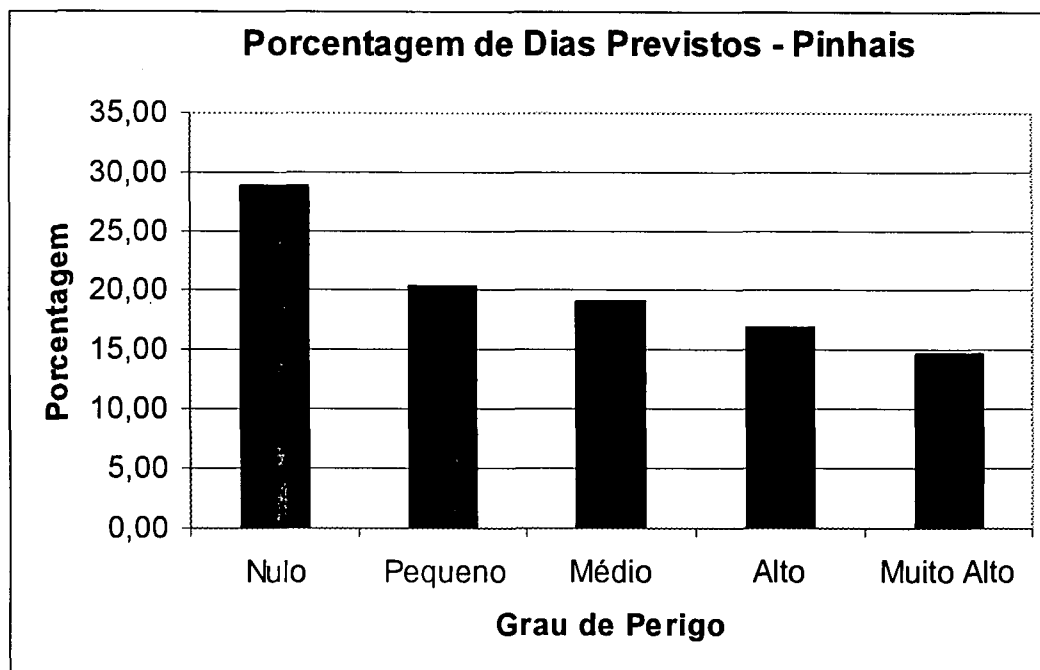
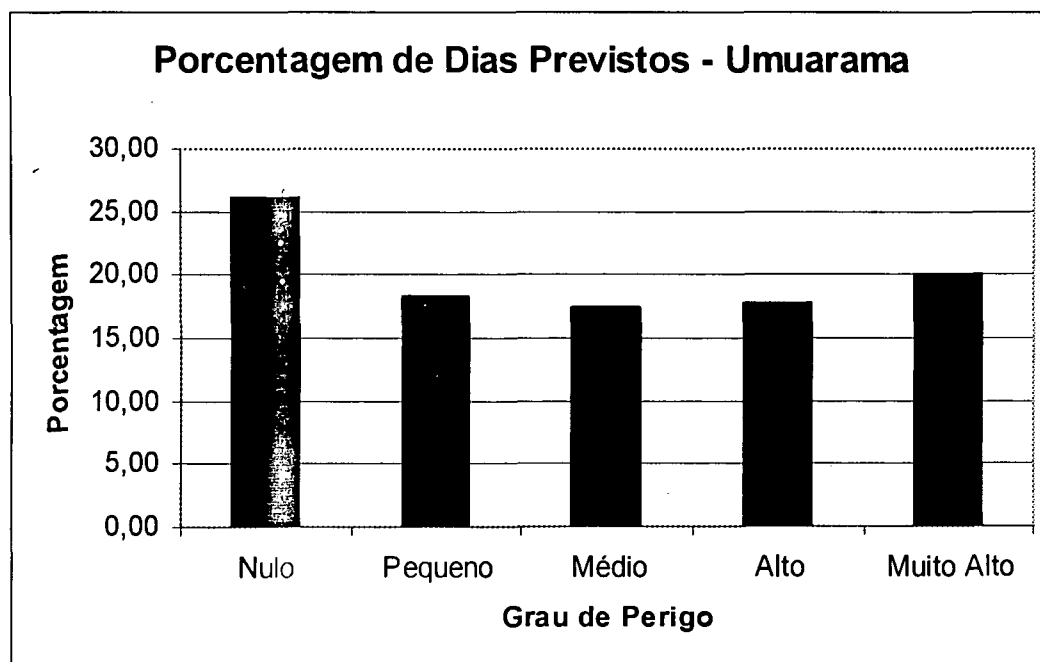


FIGURA 26 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA⁺ AJUSTE1



As regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais apresentaram resultados que confirmam o bom desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada

para a região, uma vez que preserva a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostram as Figuras 20, 22, 23, e 25.

As regiões de Cambará, Guaira, Paranavaí e Umuarama não apresentaram resultados satisfatórios, como mostram as Figuras 19, 21, 24 e 26, o que indica a necessidade de se fazer um novo ajuste a Formula de Monte Alegre Alterada para essas regiões.

A escala de perigo foi ajustada, como mostra a Tabela 13. Na Tabela 14 e nas Figuras 27 a 30 observam-se os valores obtidos a partir da escala de perigo ajustada, denominada "Ajuste 2".

As regiões de Cambará, Guaira, Paranavaí e Umuarama apresentaram resultados que indicam bom desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada para a região, atendendo à premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, como mostra as Figuras 26 e 29.

TABELA 13 - ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ - AJUSTE 2

Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
≤ 5,0	Nulo
5,1 a 12,0	Pequeno
12,1 a 21,0	Médio
21,1 a 35,0	Alto
> 35,0	Muito alto

TABELA 14 – NÚMERO DE DIAS PREVISTOS A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ - AJUSTE 2

Regiões	Dias Previstos no Período										TOTAL	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito Alto			
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Cambará	560	30,67	402	22,02	317	17,36	285	15,61	262	14,35	1826	100,00
Guaira	410	28,06	393	26,90	292	19,99	195	13,35	171	11,70	1461	100,00
Paranavaí	575	31,49	437	23,93	358	19,61	241	13,20	215	11,77	1826	100,00
Umuarama	449	30,73	323	22,11	267	18,28	231	15,81	191	13,07	1461	100,00

FIGURA 27 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ AJUSTE2

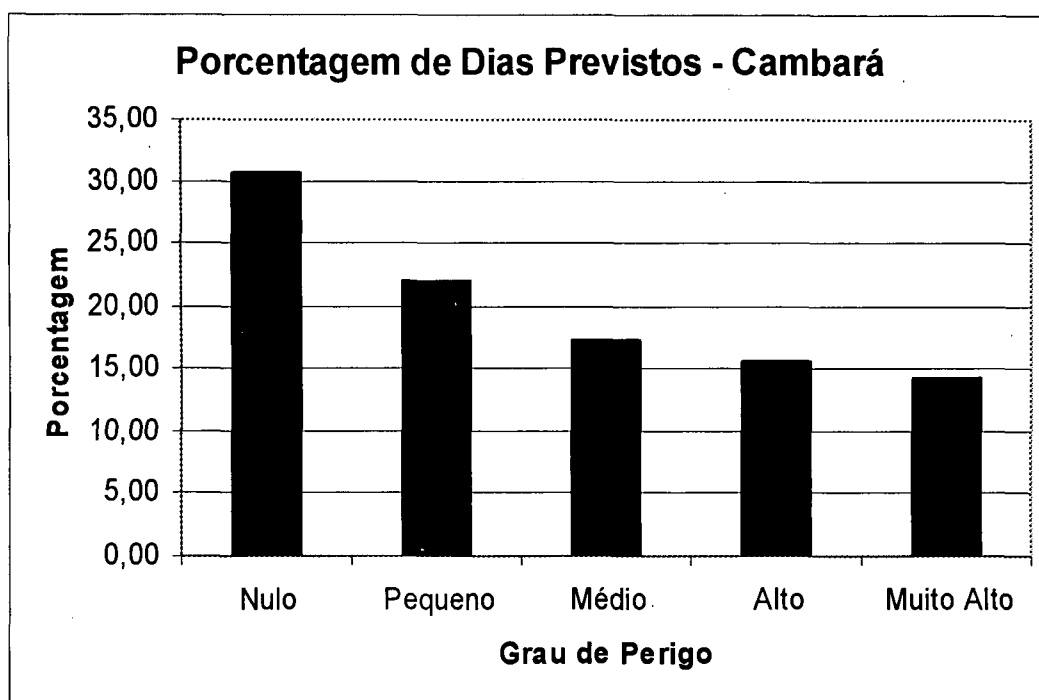


FIGURA 28 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUAIRA - FMA⁺ AJUSTE2

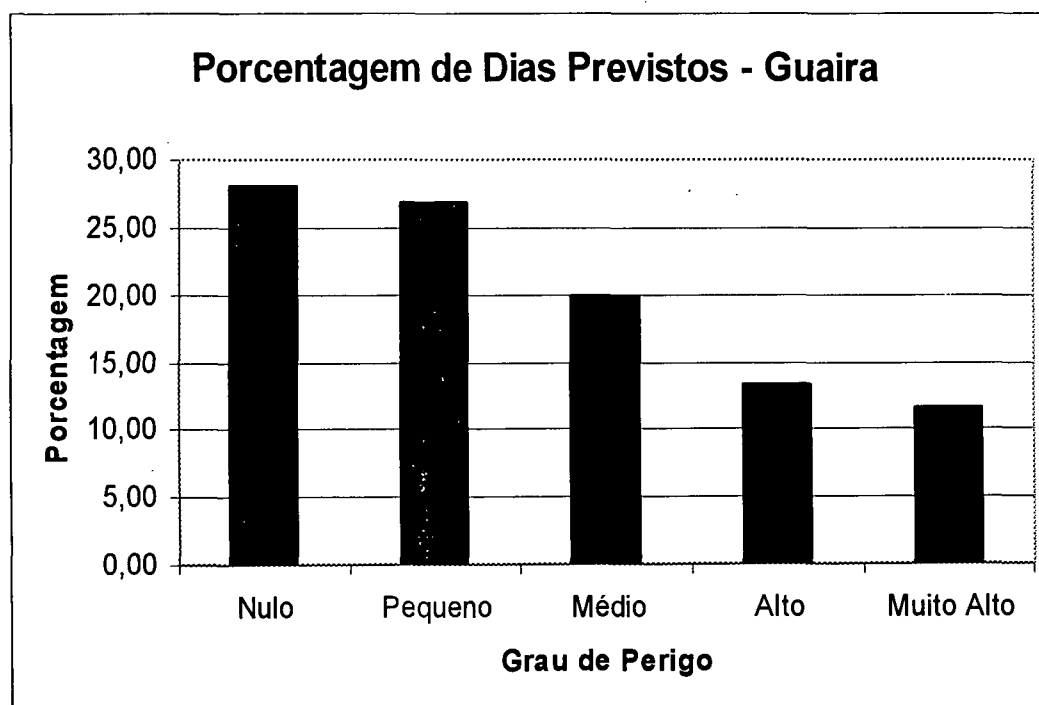


FIGURA 29 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PARANAÍ - FMA⁺ AJUSTE2

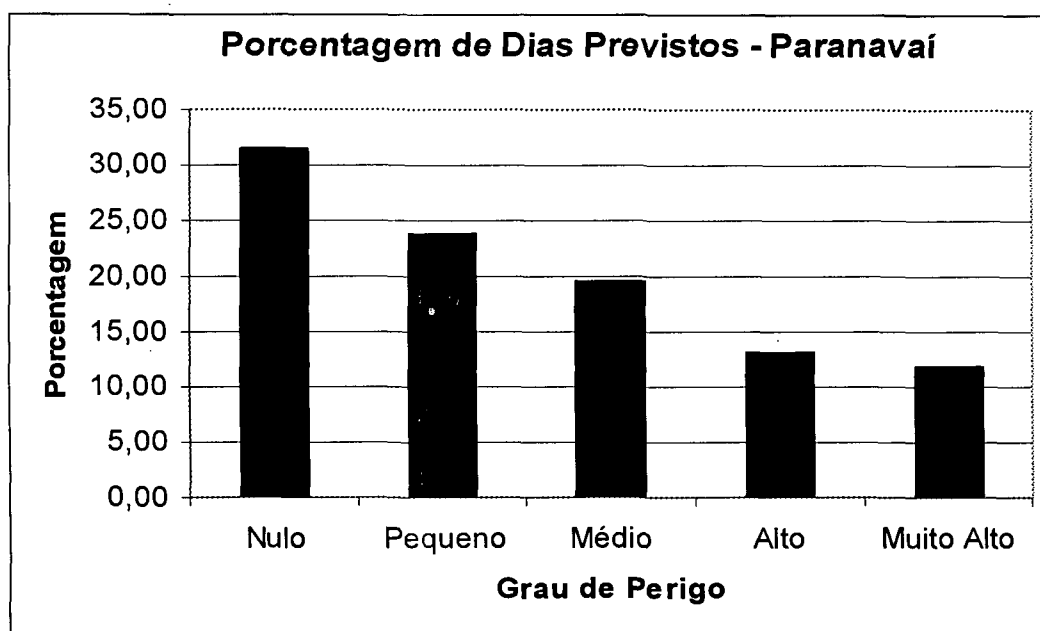
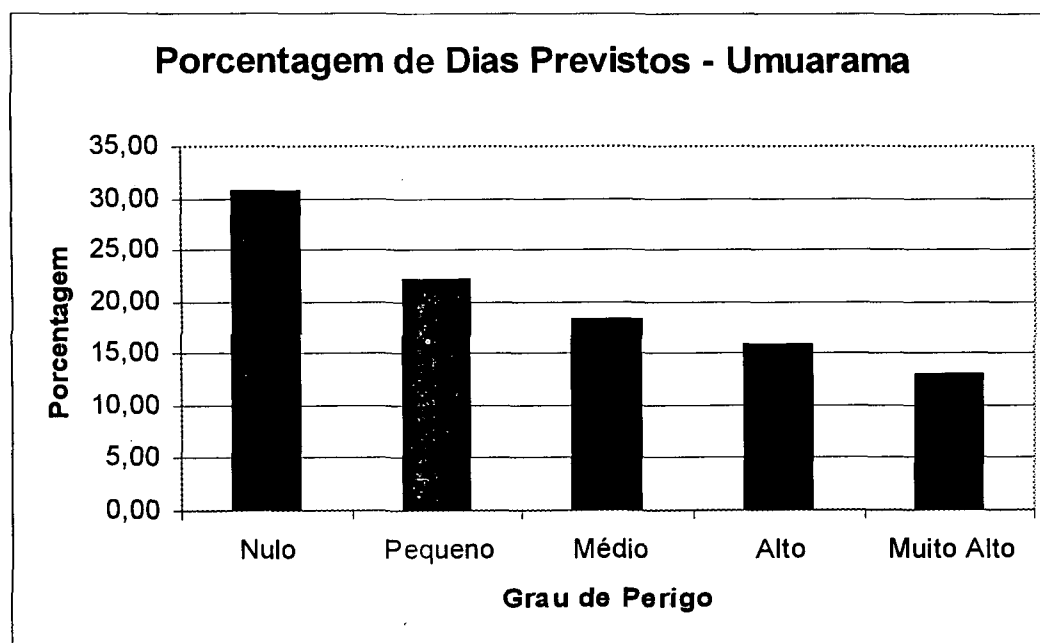


FIGURA 30 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE DIAS PREVISTOS POR CLASSE DE PERIGO PARA UMUARAMA - FMA⁺ AJUSTE2



Para as regiões em que os resultados são indicadores de bom desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada preservando a premissa de apresentar relação inversa entre o número de dias previstos e o grau de perigo, foram obtidos valores em torno de 30 % do número de dias para a classe de perigo Nulo e de 25 % do número de dias para a classe de perigo Pequeno.

SOARES (1998b) fazendo comparação entre a Fórmula de Monte Alegre e o IPIR (Índice de Perigo de Incêndios da Rigesa) no município de Três Barras no estado de Santa Catarina, encontrou a mesma tendência para a Fórmula de Monte Alegre, com percentuais de 31,9 e 17,7% para as classes de perigo Alto e Muito Alto, respectivamente. O mesmo autor observou que 67,8% do número de dias se enquadraram na classe de perigo Nulo/Baixo.

4.1.2 Número de Incêndios Registrados

Para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Pinhais e Telêmaco Borba, que possuíam informações de ocorrência de incêndios, foi analisado o comportamento das ocorrências de incêndios florestais observados em cada classe de perigo, considerando-se os ajustes necessários a cada região.

Na Tabela 15 e nas Figuras 31 a 37 observam-se os valores obtidos para o número de incêndios registrados e os respectivos percentuais para cada classe de perigo.

TABELA 15 – INCÊNDIOS REGISTRADOS NO PERÍODO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO

Regiões	Incêndios Registrados no Período										TOTAL	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito Alto			
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
Cambará	7	8,14	10	11,63	14	16,28	16	18,60	39	45,35	86	100,00
Campo Mourão	18	3,25	50	9,04	109	19,71	156	28,21	220	39,78	553	100,00
Cascavel	18	2,77	27	4,15	41	6,31	104	16,00	460	70,77	650	100,00
Guarapuava	6	5,71	7	6,67	22	20,95	27	25,71	43	40,95	105	100,00
Londrina	72	5,81	155	12,50	282	22,74	359	28,95	372	30,00	1240	100,00
Pinhais	67	6,89	106	10,89	169	17,37	223	22,92	408	41,93	973	100,00
Telêmaco Borba	9	5,11	20	11,36	22	12,50	42	23,86	83	47,16	176	100,00

FIGURA 31 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ AJUSTADA

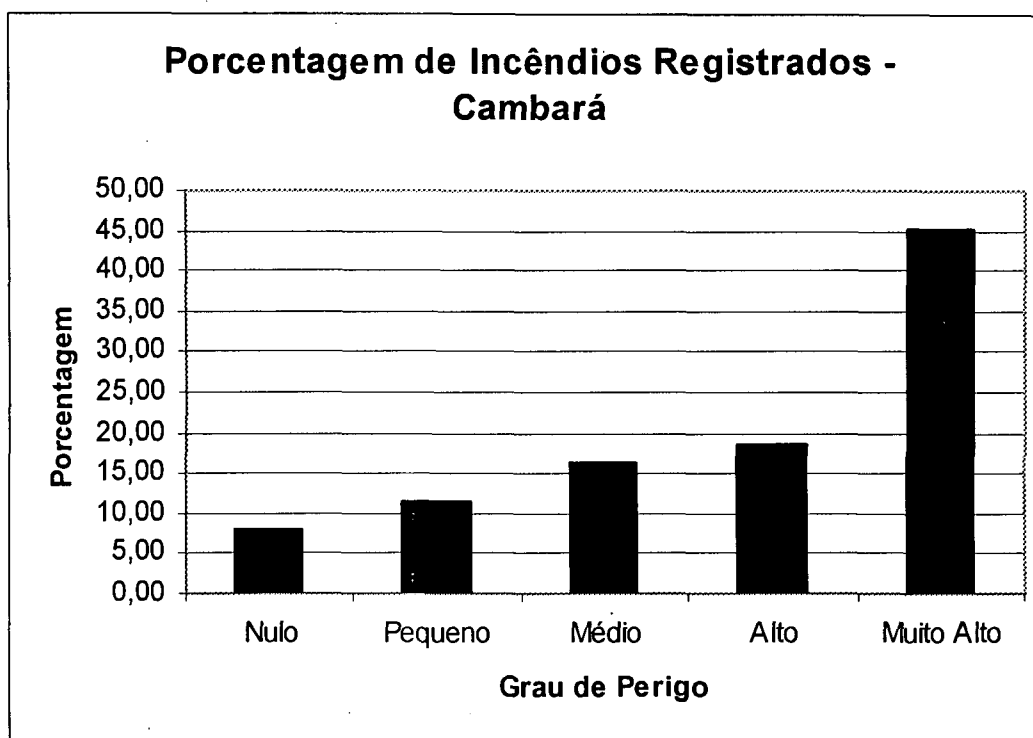


FIGURA 32 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA⁺ AJUSTADA

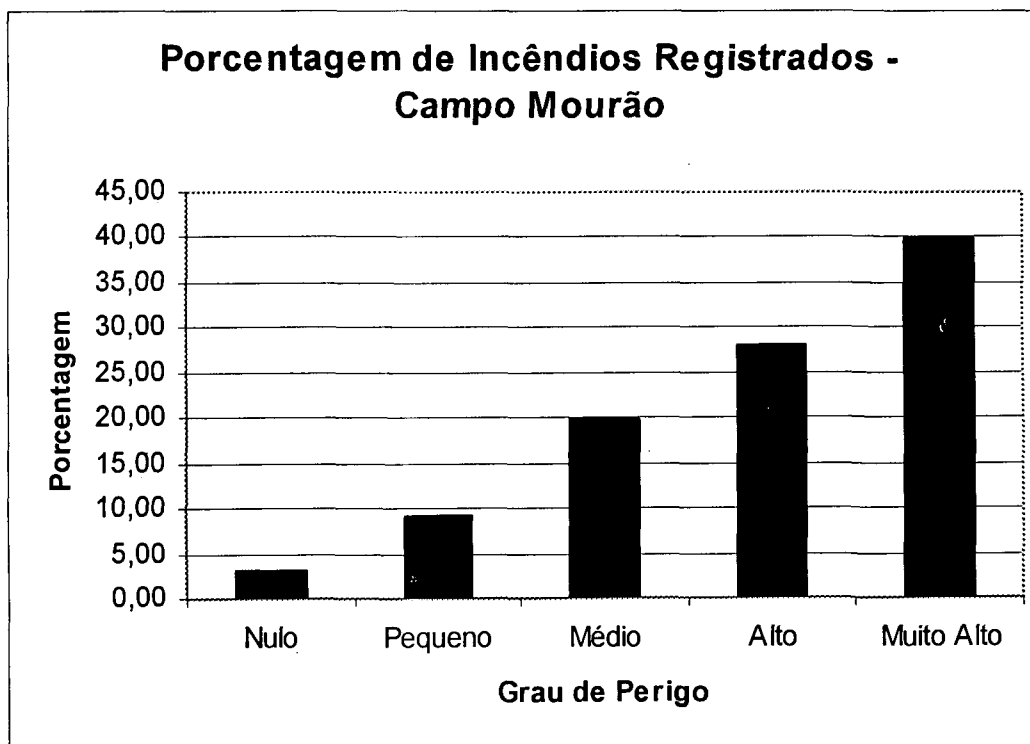


FIGURA 33 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA⁺ AJUSTADA

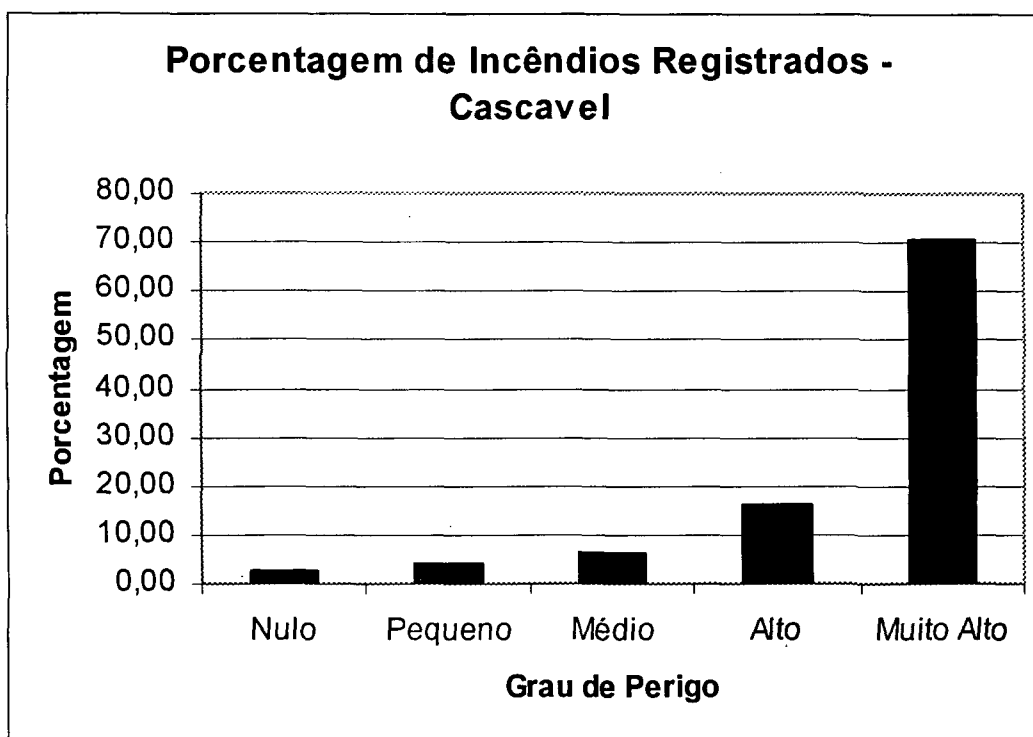


FIGURA 34 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA⁺ AJUSTADA

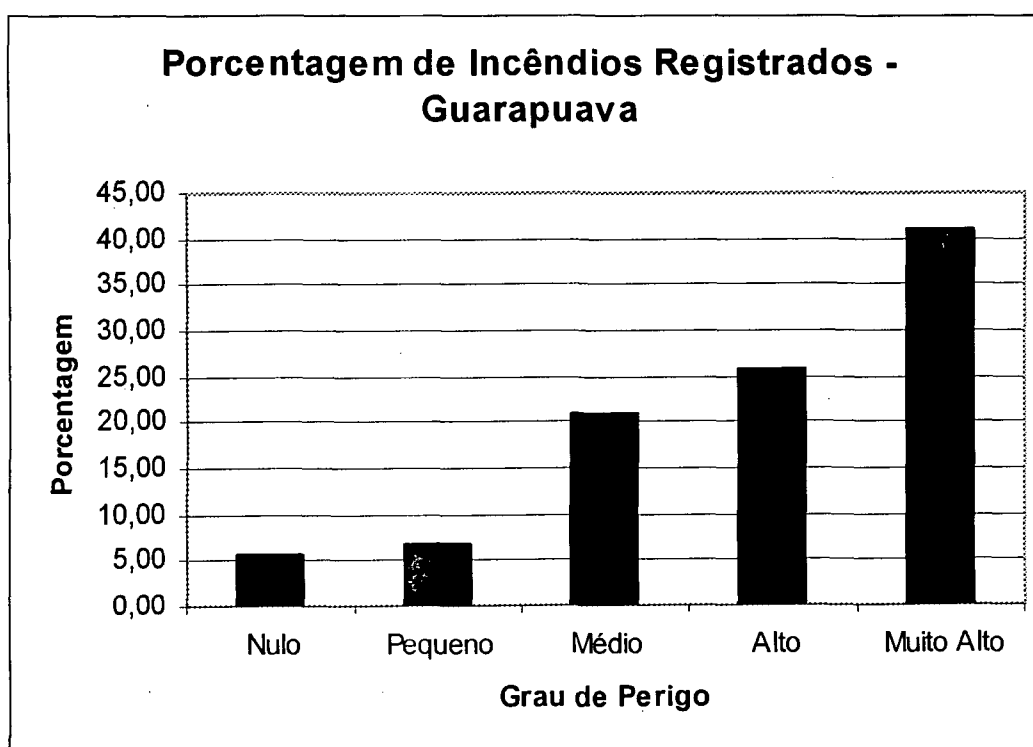


FIGURA 35 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA⁺ AJUSTADA

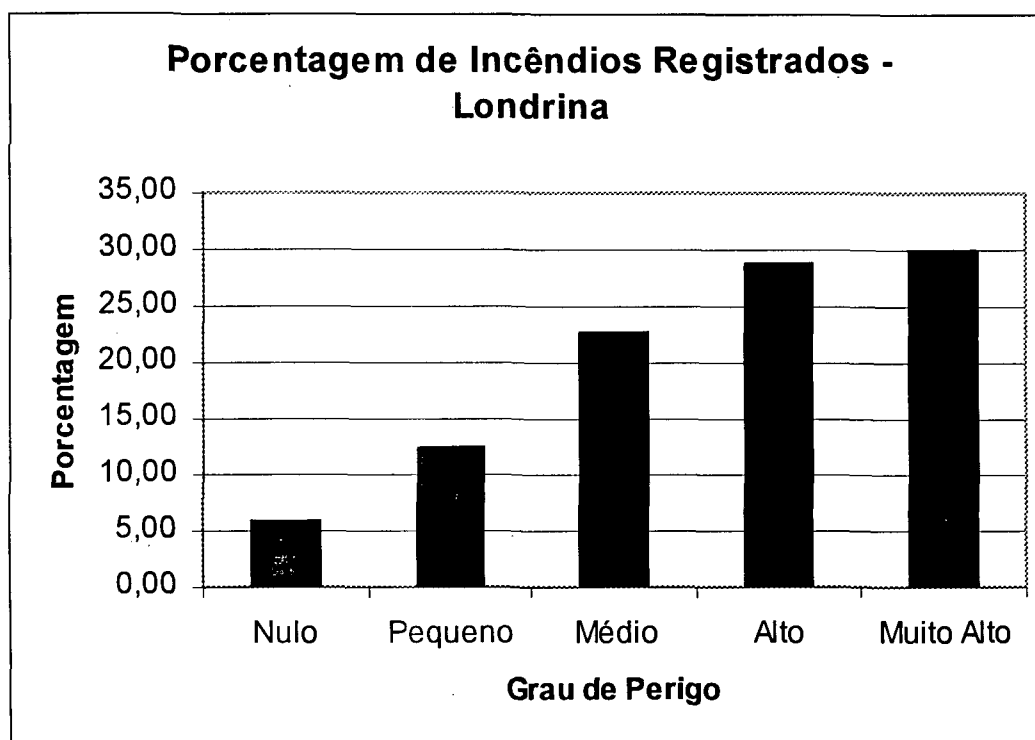


FIGURA 36 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA⁺ AJUSTADA

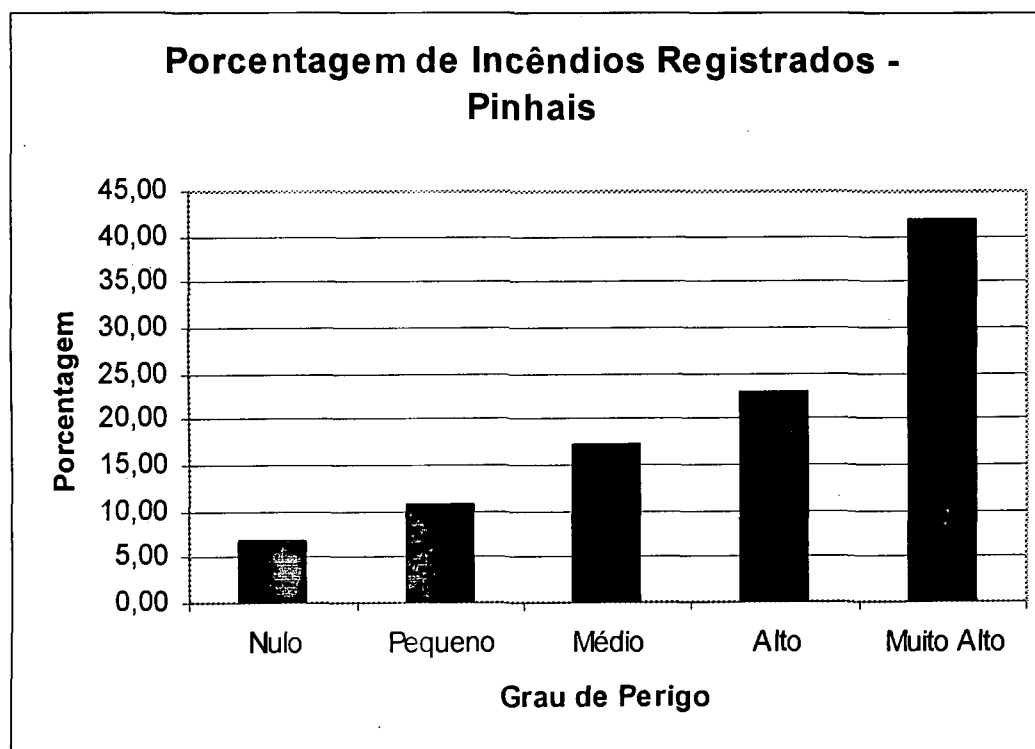
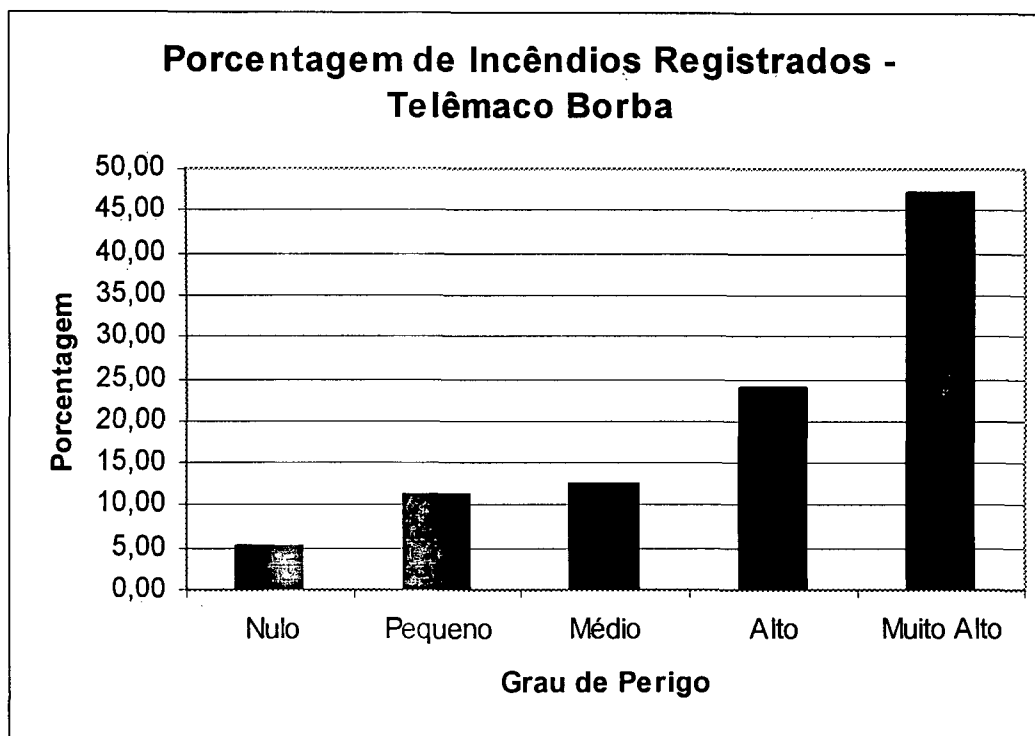


FIGURA 37 – PORCENTAGEM DO NÚMERO DE INCÊNDIOS REGISTRADOS POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA⁺ AJUSTADA



Soares (1998b), analisando dados do norte do estado de Santa Catarina, observou que enquanto 87% dos incêndios ocorreram em dias em que a Fórmula de Monte Alegre indicava grau de perigo muito alto, nenhuma ocorrência foi observada pelo IPIR. De acordo com o IPIR, a maioria (45,8%) dos incêndios ocorreu quando as condições de perigo indicadas pelo índice eram moderadas, subestimando o grau de perigo.

Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados indicadores de bom desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada, uma vez que preserva a premissa de apresentar relação direta entre o número de incêndios registrados e os graus de perigo, como mostram as Figuras 31 a 37.

SOARES (1998a) analisou a distribuição da ocorrência de incêndios no distrito florestal de Monte Alegre e observou que no período de 1965 a 1971 os percentuais foram de 27,5 e 50,7% para as classes de perigo IV e V, respectivamente e, no período de 1971 a 1990, de 31,7 e 52,5, respectivamente.

4.1.3 Áreas Queimadas pelos Incêndios Florestais

Para as regiões de Cambará, Campo Mourão, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Pinhais e Telêmaco Borba, que possuíam informações de ocorrência de incêndios, foi também analisado o comportamento das áreas queimadas pelos incêndios florestais observados em cada classe de perigo, considerando os ajustes necessários a cada região..

Na Tabela 16 e nas Figuras 38 a 44 observam-se as áreas queimadas pelos incêndios florestais e os respectivos percentuais para cada classe de perigo.

TABELA 16 – ÁREA QUEIMADA NO PERÍODO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO

Regiões	Área Queimada no Período										TOTAL	
	Nulo		Pequeno		Médio		Alto		Muito Alto			
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Cambará	1,55	1,05	2,86	1,93	5,99	4,04	12,07	8,14	125,83	84,85	148,30	100,00
Campo Mourão	6,65	2,11	20,22	6,41	51,10	16,21	85,17	27,01	152,16	48,26	315,30	100,00
Cascavel	15,21	0,79	23,15	1,20	38,49	2,00	106,53	5,54	1.739,01	90,46	1.922,39	100,00
Guarapuava	1,20	0,89	2,00	1,48	7,40	5,48	11,06	8,19	113,38	83,96	135,04	100,00
Londrina	8,29	0,90	81,59	8,87	148,28	16,12	260,76	28,35	420,71	45,75	919,63	100,00
Pinhais	8,87	4,25	16,96	8,12	29,77	14,25	41,76	19,99	111,59	53,41	208,95	100,00
Telêmaco Borba	0,25	5,11	5,34	11,36	18,89	12,50	42,16	23,86	99,21	47,16	165,85	100,00

FIGURA 38 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ AJUSTADA

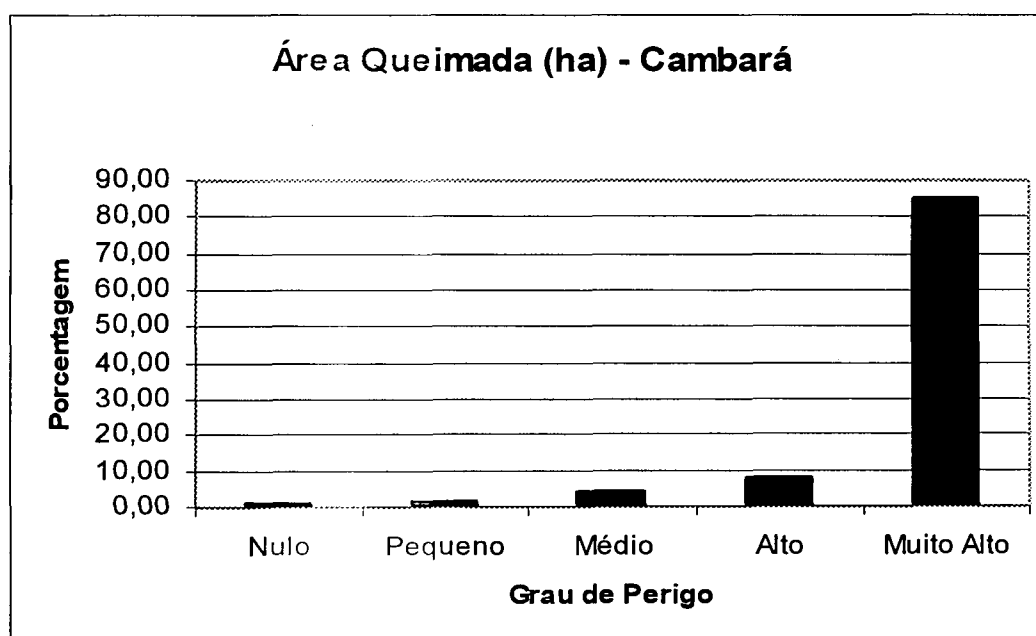


FIGURA 39 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA⁺ AJUSTADA

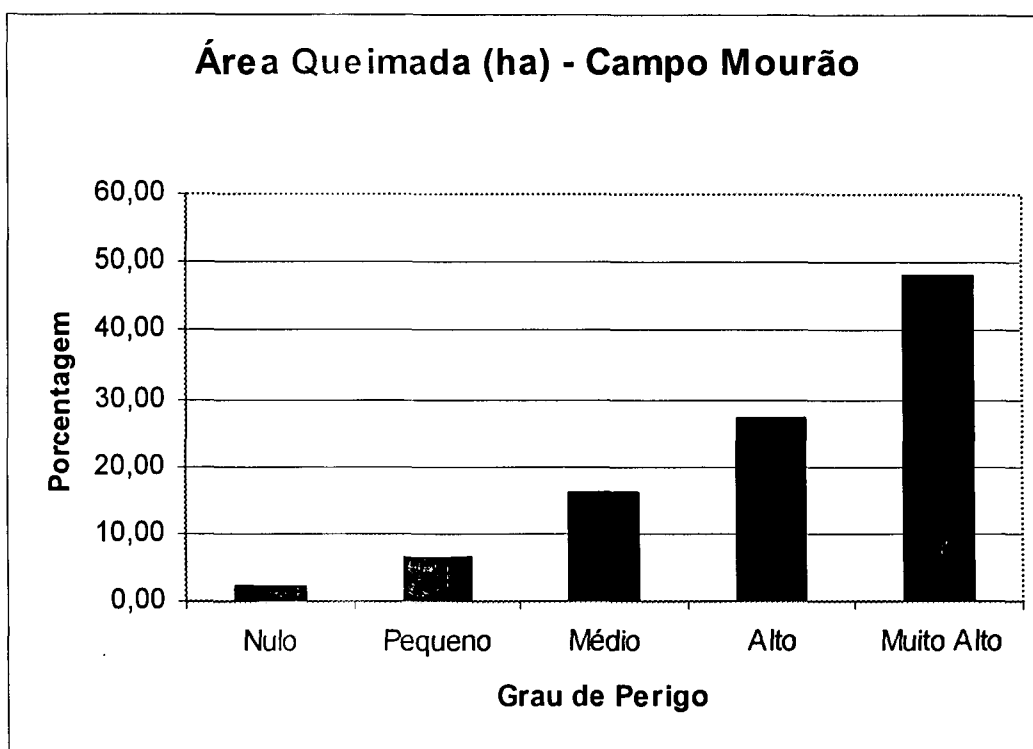


FIGURA 40 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA⁺ AJUSTADA

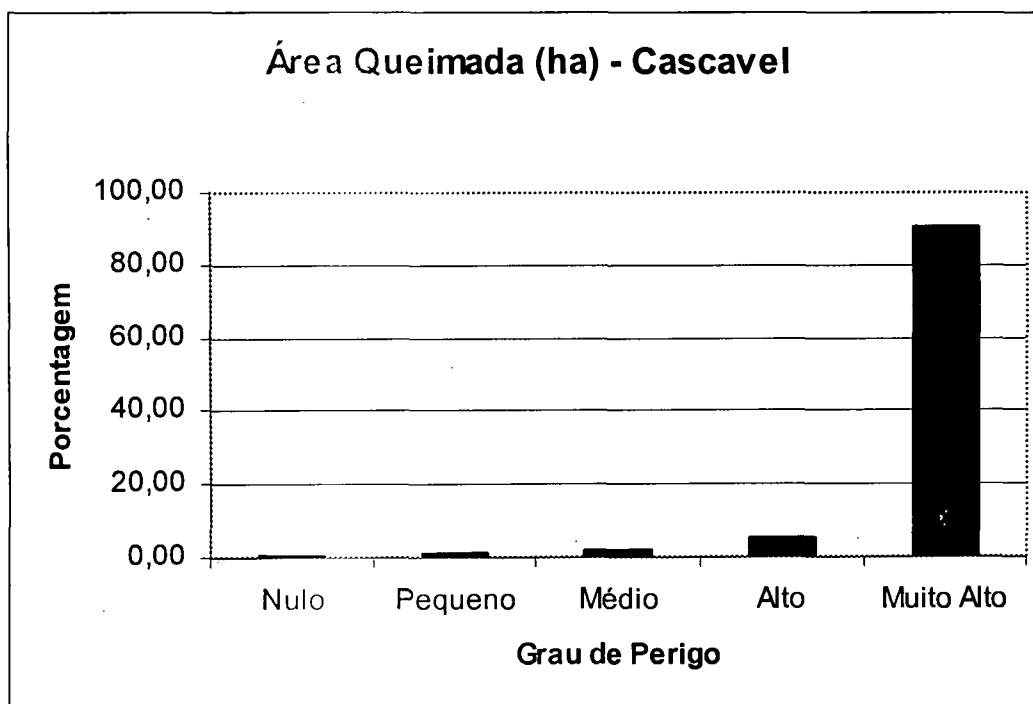


FIGURA 41 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA⁺ AJUSTADA

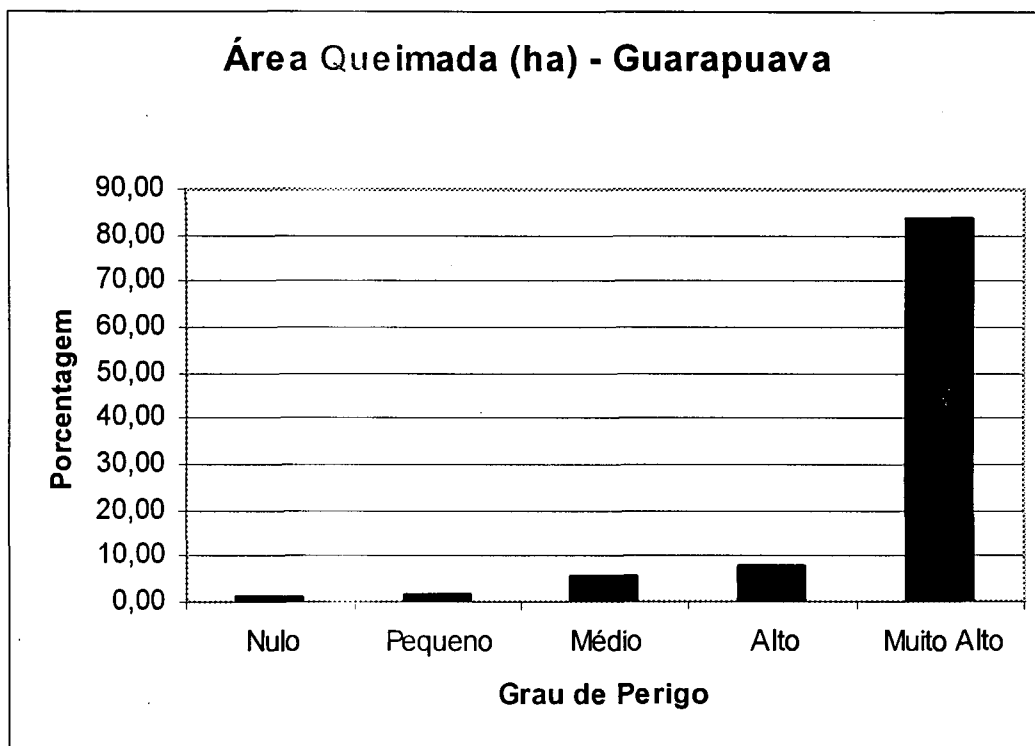


FIGURA 42 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA⁺ AJUSTADA

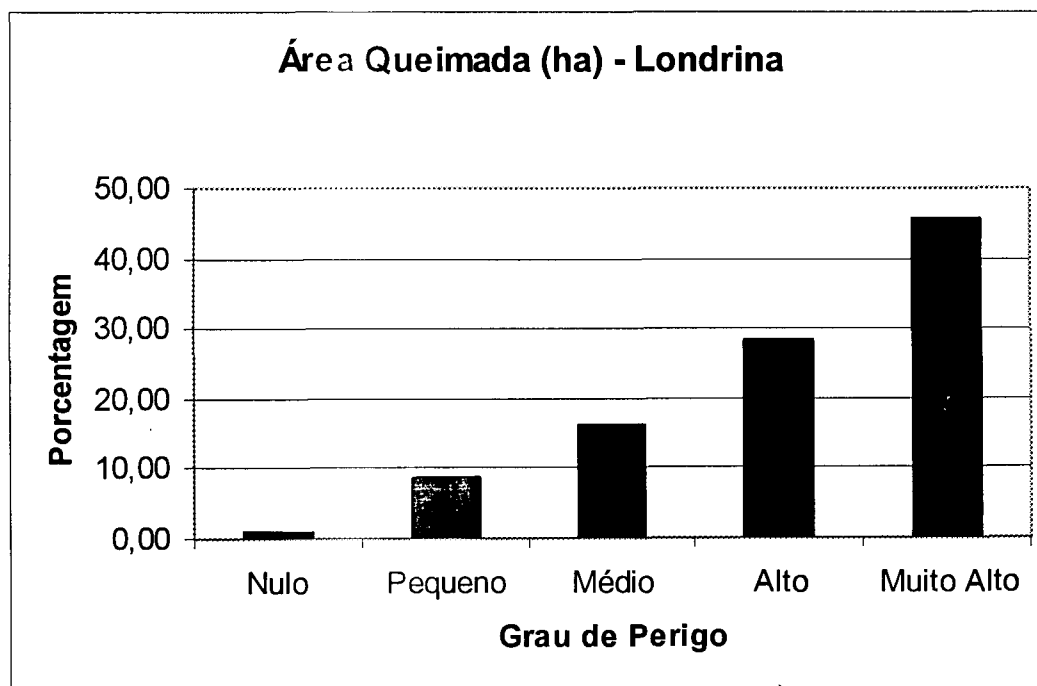


FIGURA 43 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA⁺ AJUSTADA

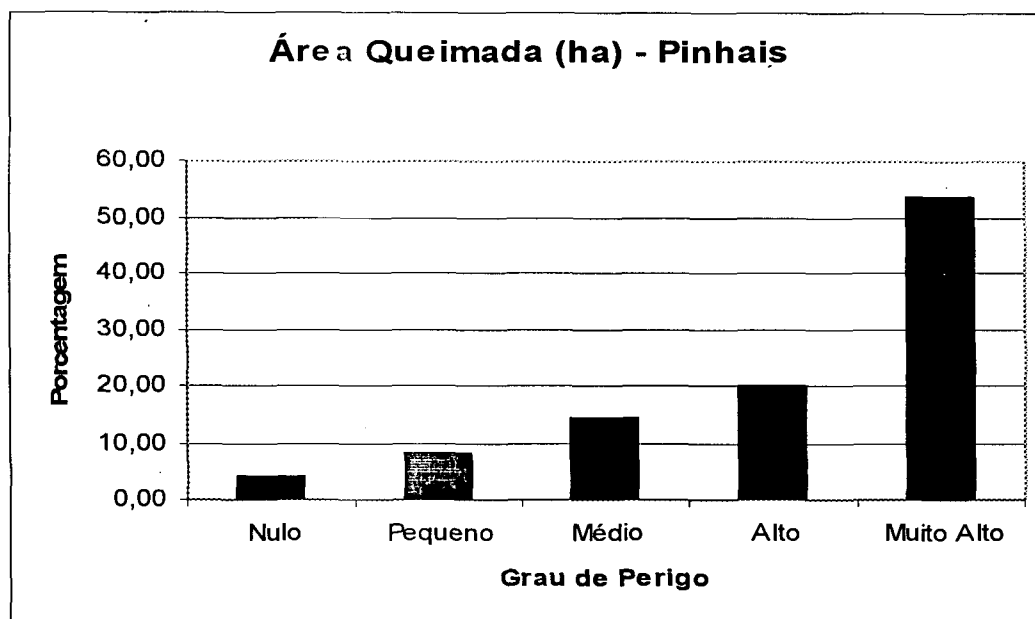
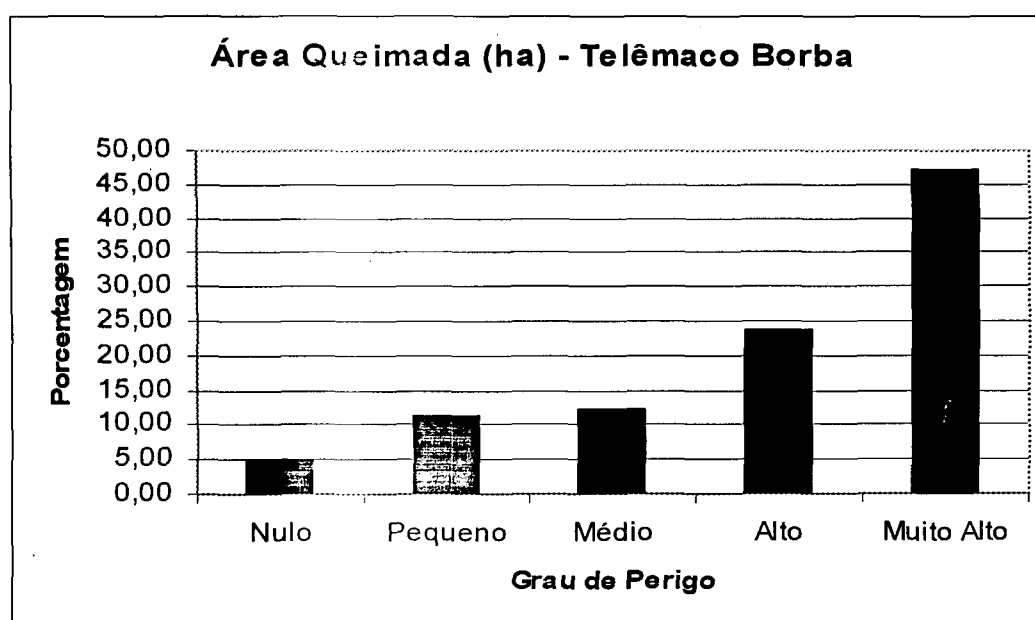


FIGURA 44 – PORCENTAGEM DA ÁREA QUEIMADA POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA⁺ AJUSTADA



Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados que indicam bom desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada, uma vez que preserva a premissa de apresentar relação direta entre a área queimada pelos incêndios e o grau de perigo, como mostram as Figuras 38 a 44.

SOARES (1998a) analisou a distribuição de áreas queimadas por classe de perigo comparando o índice de perigo de incêndios da Rigesa (IPIR) e a Fórmula de Monte Alegre e observou que 99,2% das áreas queimadas ocorreram na classe

de perigo V para a FMA e que o IPIR apresentou os percentuais de 46,5, 15,1 e 38,4% nas classes II, III e IV, respectivamente.

4.1.4 Áreas Queimadas Médias por Incêndios

Foi também analisado o comportamento das áreas queimadas médias por incêndios florestais observados em cada classe de perigo para todas as regiões estudadas, considerando os ajustes necessários a cada região. Na Tabela 17 e nas Figuras 45 a 51 observam-se as áreas queimadas médias por incêndio para cada classe de perigo.

TABELA 17 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR INCÊNDIO A PARTIR DA ESCALA DE PERIGO DA FMA⁺ AJUSTADA PARA CADA REGIÃO

Regiões	Área Queimada Média por Incêndio (ha)				
	Nulo	Pequeno	Médio	Alto	Muito Alto
Cambará	0,22	0,28	0,43	0,75	3,22
Campo Mourão	0,37	0,40	0,47	0,54	0,69
Cascavel	0,84	0,86	0,93	1,02	3,78
Guarapuava	0,20	0,29	0,34	0,41	2,63
Londrina	0,12	0,53	0,53	0,73	1,13
Pinhais	0,13	0,16	0,17	0,18	0,27
Telêmaco Borba	0,03	0,27	0,86	1,00	1,20

FIGURA 45 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMBARÁ - FMA⁺ AJUSTADA

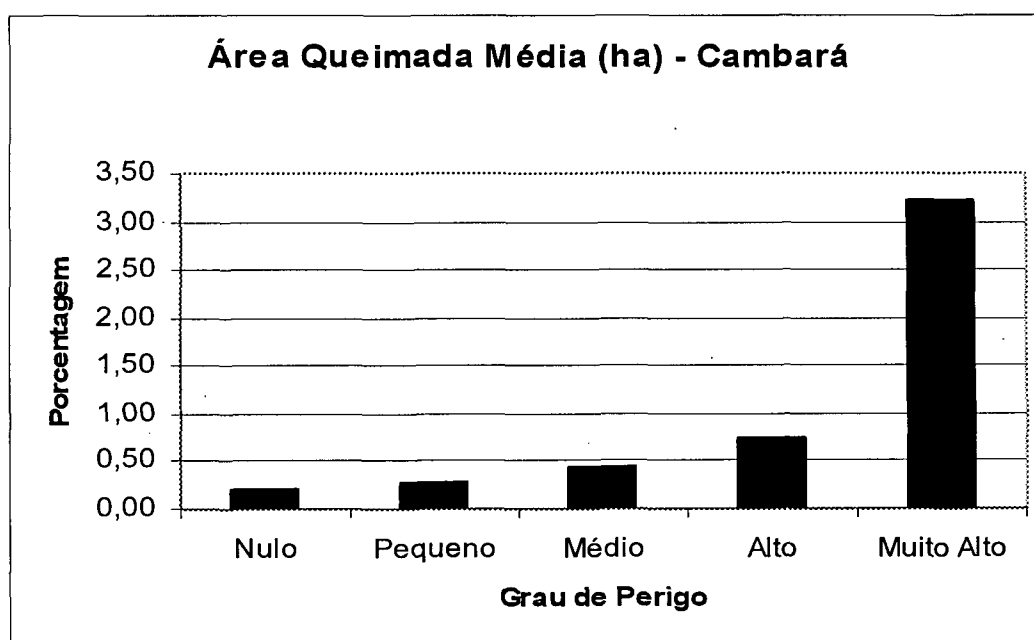


FIGURA 46 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CAMPO MOURÃO - FMA⁺ AJUSTADA

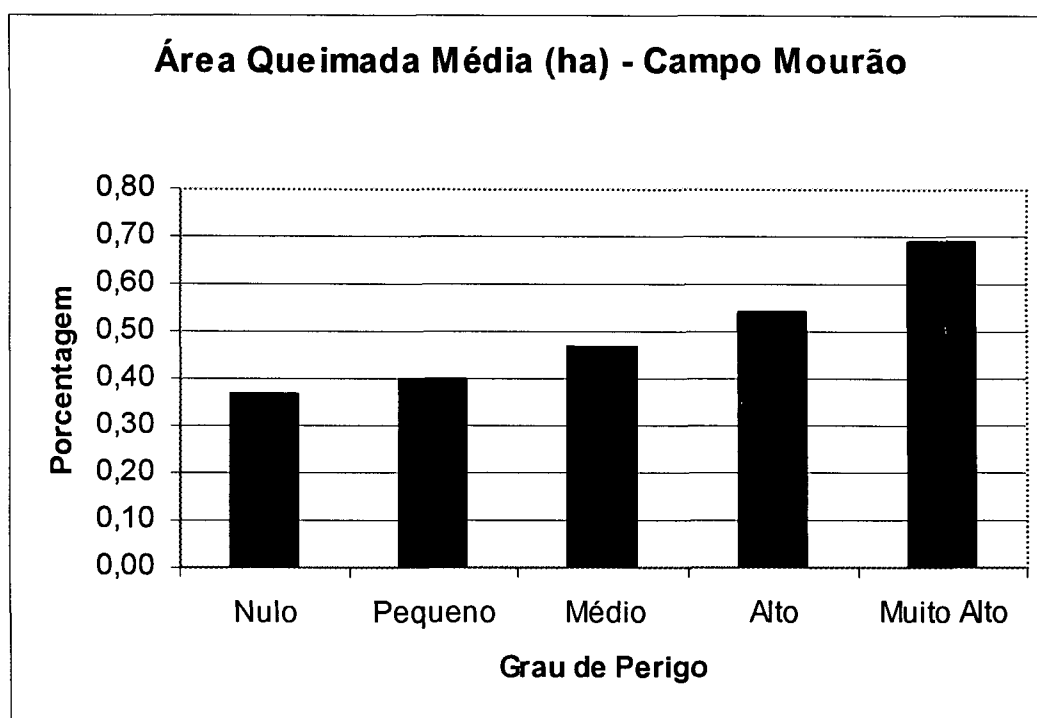


FIGURA 47 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA CASCAVEL - FMA⁺ AJUSTADA

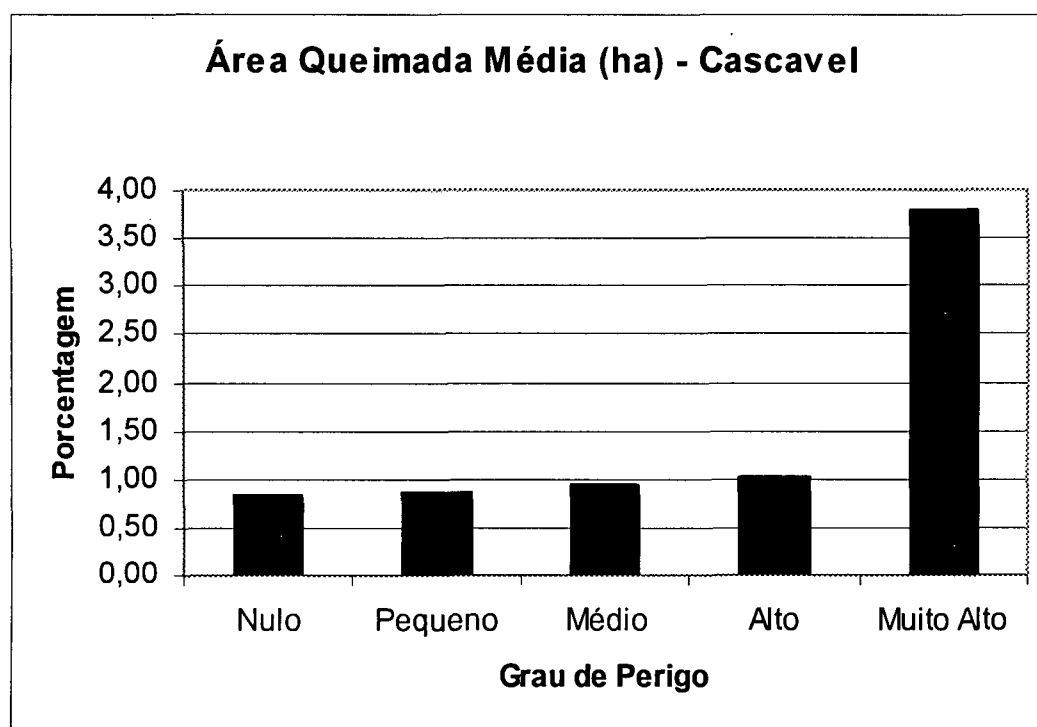


FIGURA 48 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA GUARAPUAVA - FMA⁺ AJUSTADA

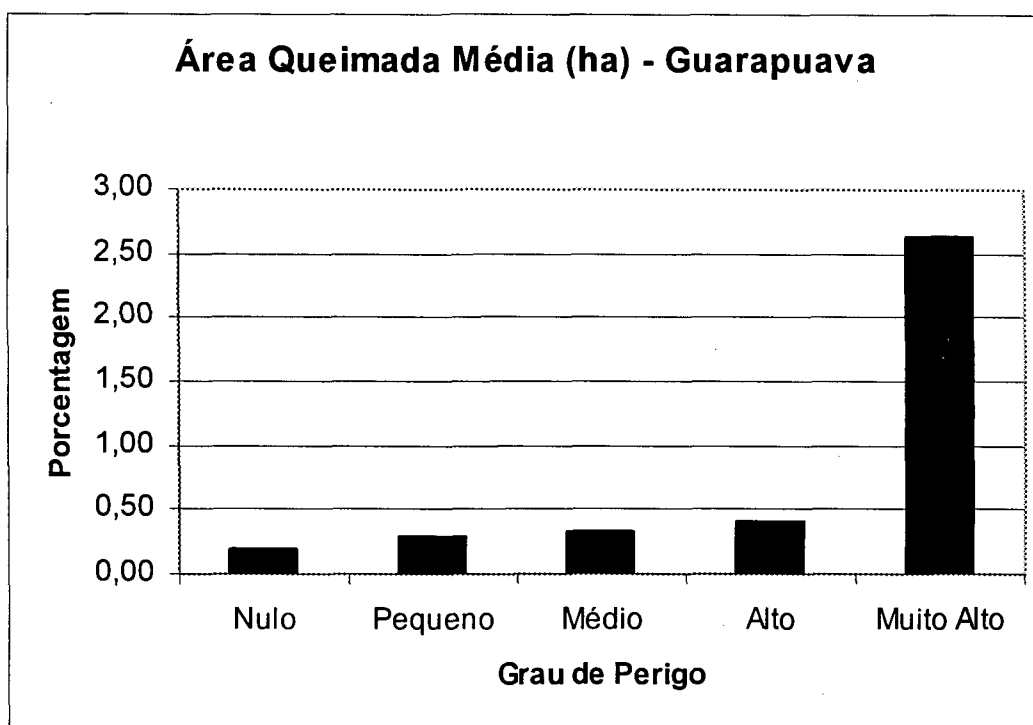


FIGURA 49 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA LONDRINA - FMA⁺ AJUSTADA

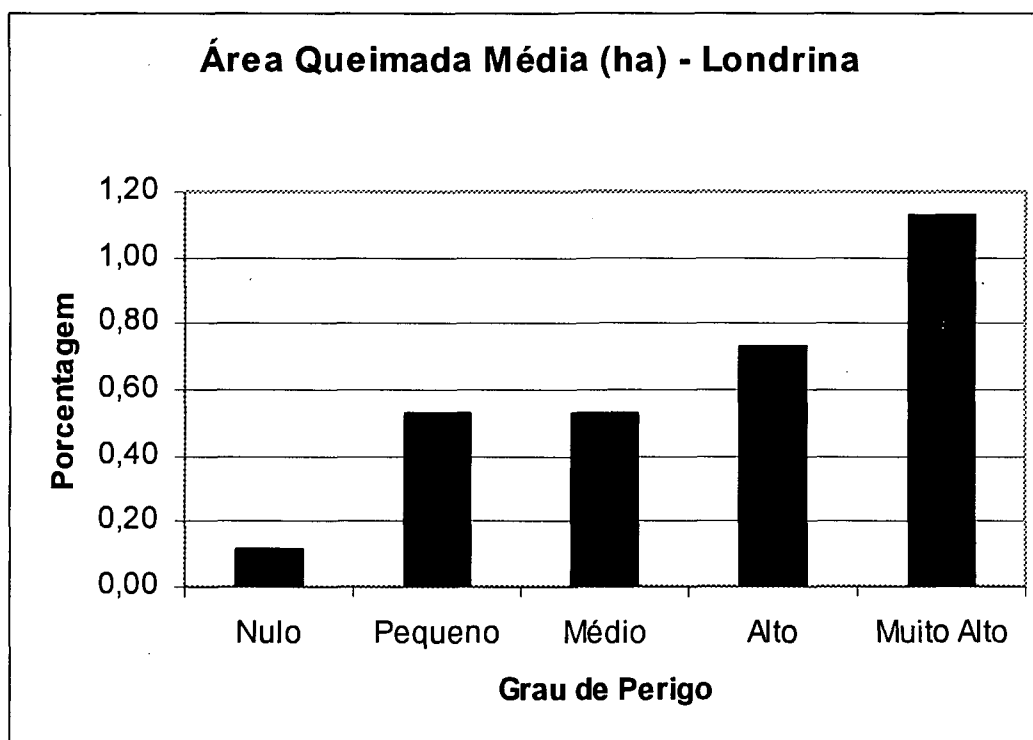


FIGURA 50 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA PINHAIS - FMA⁺ AJUSTADA

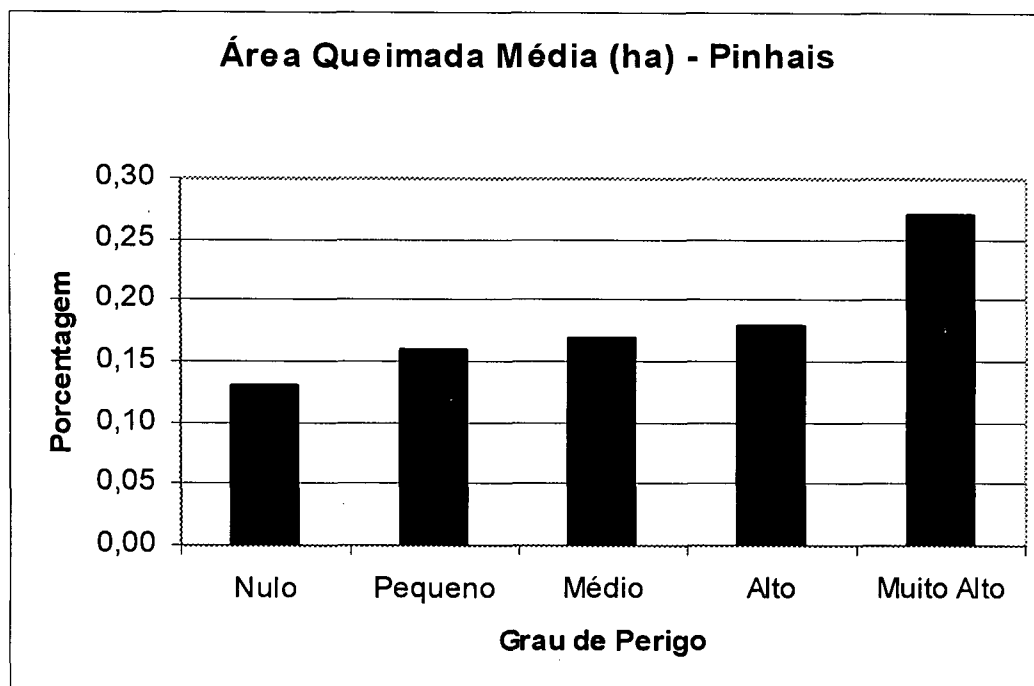
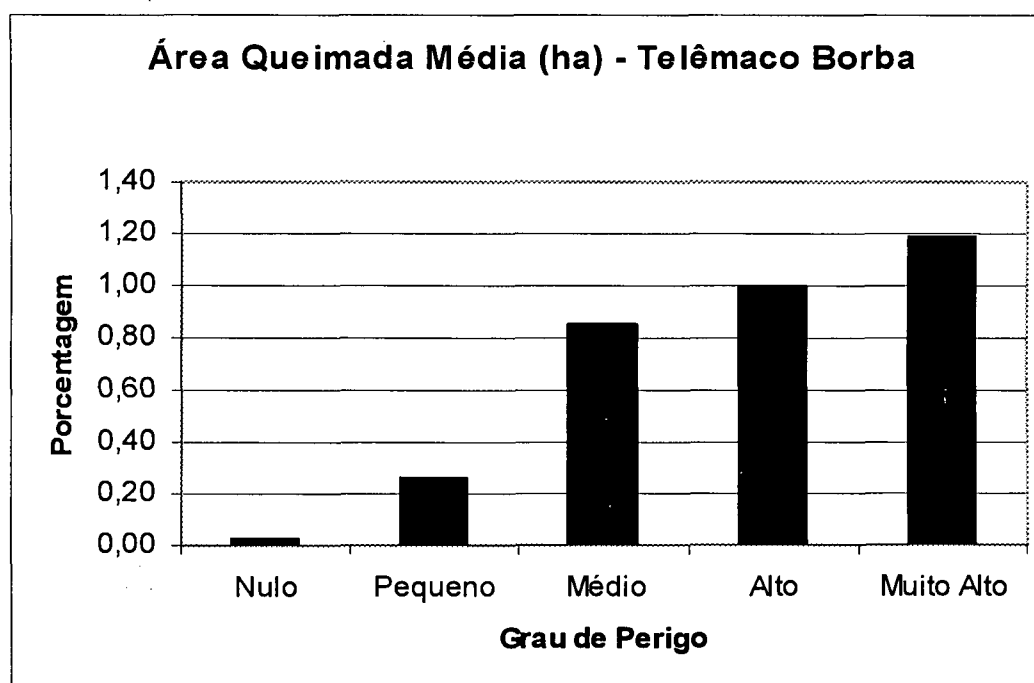


FIGURA 51 – ÁREA QUEIMADA MÉDIA POR CLASSE DE PERIGO PARA TELÊMACO BORBA - FMA⁺ AJUSTADA



Observa-se que todas as regiões apresentaram resultados satisfatórios para a Fórmula de Monte Alegre Alterada, uma vez que preserva a premissa de apresentar relação direta entre a área queimada média por incêndio e o grau de perigo, como mostram as Figuras 45 a 51.

Os baixos valores de áreas queimadas médias por incêndio são desejáveis, segundo SOARES (1998a), que encontrou, no Norte do estado de Santa Catarina, para o período de janeiro de 1988 a setembro de 1995, valores de área queimada média de 1,2 e 24,1 ha/incêndio para as classes Alto e Muito Alto, respectivamente.

4.1.5 Análise do Desempenho

As Tabelas 18 a 32, apresentam os cálculos de desempenho da Fórmula de Monte Alegre Alterada para as 7 regiões onde existiam dados de ocorrência de incêndios florestais.

TABELA 18 – QUANTIDADE DE DIAS EM QUE OS ÍNDICES PREVIRAM OCORRÊNCIA E NÃO OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS E OS RESPECTIVOS DIAS COM E SEM INCÊNDIOS PARA AS REGIÕES ESTUDADAS

Região	Condição	Valores	
		Observados	Previstos
		Nº de Dias	Nº de Dias
Cambará	Incêndio	521	590
	Não incêndio	575	592
Campo Mourão	Incêndio	485	636
	Não incêndio	68	674
Cascavel	Incêndio	605	675
	Não incêndio	45	635
Guarapuava	Incêndio	92	334
	Não incêndio	13	245
Londrina	Incêndio	1012	622
	Não incêndio	228	688
Pinhais	Incêndio	800	682
	Não incêndio	173	628
Telêmaco Borba	Incêndio	147	859
	Não incêndio	29	967

TABELA 19 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CAMBARÁ

Cambará – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	69	521	590
	Não incêndio	17	575	592
Total Observado		86	1.096	1.182

TABELA 20 – CÁLCULOS PARA CAMBARÁ

Cambará – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8023	0,4754	1,2777
	Não incêndio	0,1977	0,5246	0,7223
Total Observado		1	1	2

TABELA 21 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CAMPO MOURÃO

Campo Mourão – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	485	636	1.121
	Não incêndio	68	674	742
Total Observado		553	1.310	1.863

TABELA 22 – CÁLCULOS PARA CAMPO MOURÃO

Campo Mourão – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8770	0,4855	1,3625
	Não incêndio	0,1230	0,5145	0,6375
Total Observado		1	1	2

TABELA 23 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA CASCAVEL

Cascavel – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	605	675	1.280
	Não incêndio	45	635	680
Total Observado		650	1.310	1.960

TABELA 24 – CÁLCULOS PARA CASCAVEL

Cascavel – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,9308	0,5153	1,4460
	Não incêndio	0,0692	0,4847	0,5540
Total Observado		1	1	2

TABELA 25 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA GUARAPUAVA

Guarapuava – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	92	334	426
	Não incêndio	13	245	258
Total Observado		105	579	684

TABELA 26 – CÁLCULOS PARA GUARAPUAVA

Guarapuava – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8762	0,5769	1,4530
	Não incêndio	0,1238	0,4231	0,5470
Total Observado		1	1	2

TABELA 27 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA LONDRINA

Londrina – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	1012	622	1.634
	Não incêndio	228	688	916
Total Observado		1.240	1.310	2.550

TABELA 28 – CÁLCULOS PARA LONDRINA

Londrina – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8161	0,4748	1,2909
	Não incêndio	0,1839	0,5252	0,7091
Total Observado		1	1	2

TABELA 29 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA PINHAIS

Pinhais – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	800	682	1.482
	Não incêndio	173	628	801
Total Observado		973	1.310	2.283

TABELA 30 – CÁLCULOS PARA O MODELO PINHAIS

Pinhais – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8222	0,5206	1,3428
	Não incêndio	0,1778	0,4794	0,6572
Total Observado		1	1	2

TABELA 31 – TABELA DE CONTINGÊNCIA PARA TELÊMACO BORBA

Telêmaco Borba – Tabela de contingência				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	147	859	1.006
	Não incêndio	29	967	996
Total Observado		176	1.826	2.002

TABELA 32 – CÁLCULOS PARA O MODELO TELÊMACO BORBA

Telêmaco Borba – Cálculos				
Evento		Observado		Total Previsto
		Incêndio	Não incêndio	
Previsto	Incêndio	0,8352	0,4704	1,3057
	Não incêndio	0,1648	0,5296	0,6943
Total Observado		1	1	2

A Tabela 33 e as Figuras 52 e 53 apresentam os valores obtidos para o *skill score* e porcentagem de sucesso para as 7 regiões onde existiam dados de ocorrência de incêndios florestais.

TABELA 33 – DESEMPENHO DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA PARA AS REGIÕES ESTUDADAS

Desempenho por Região			
Skill Score		Porcentagem de Sucesso	
Cambará	0,0884	Guarapuava	49,27
Telêmaco Borba	0,1165	Cambará	54,48
Guarapuava	0,1330	Telêmaco Borba	55,64
Pinhais	0,2826	Campo Mourão	62,21
Campo Mourão	0,3019	Pinhais	62,55
Cascavel	0,3340	Cascavel	63,27
Londrina	0,3384	Londrina	66,67

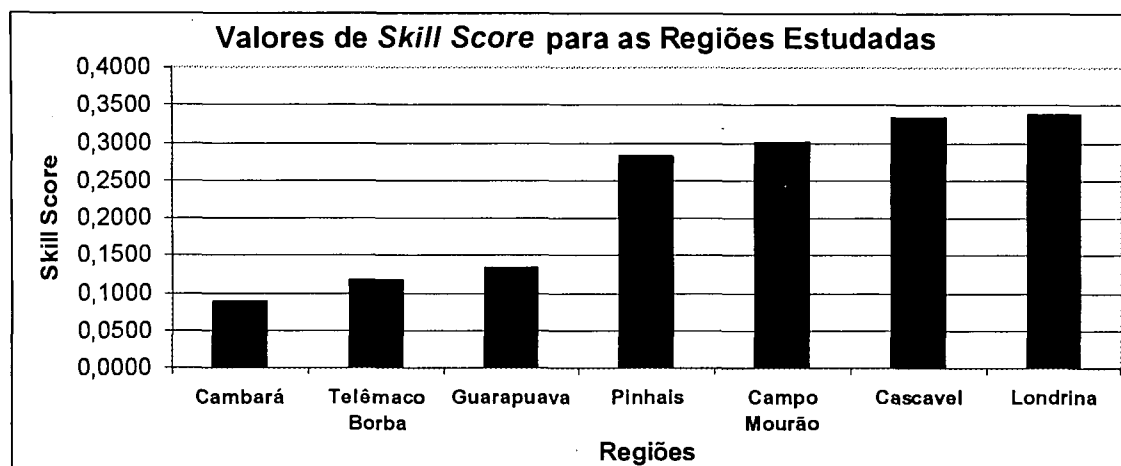
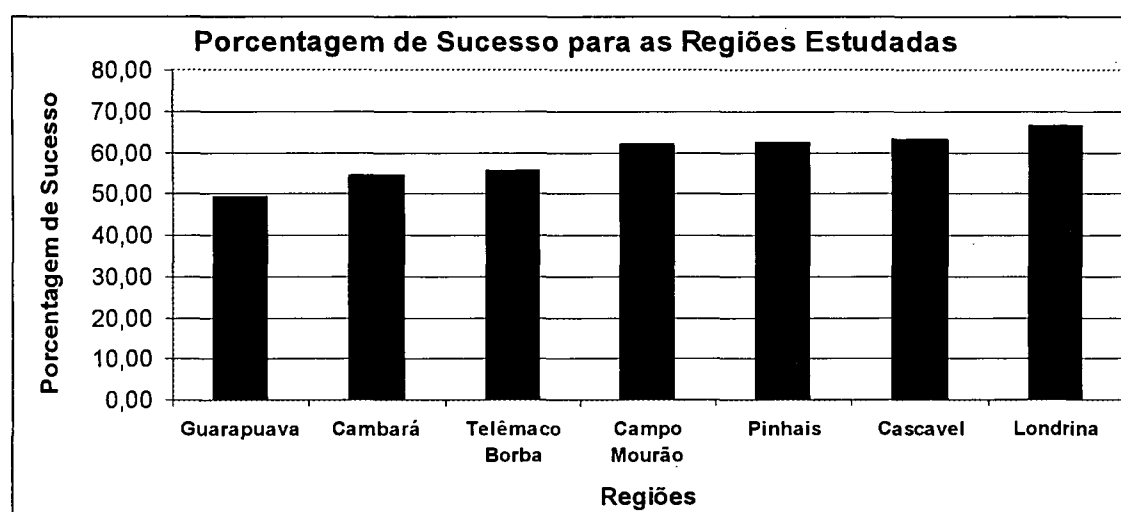
FIGURA 52 – VALORES DE *SKILL SCORE* PARA AS REGIÕES ESTUDADAS

FIGURA 53 – VALORES DE PORCENTAGEM DE SUCESSO PARA AS REGIÕES ESTUDADAS



Os valores de *skill score* obtidos variaram de 0,0884 para Cambará a 0,3384 para Londrina e os de porcentagem de sucesso, de 49,27 em Guarapuava a 66,67 em Londrina.

Observa-se que os valores de *skill score* obtidos para Pinhais (0,2826), Campo Mourão (0,3019), Cascavel (0,3340) e Londrina (0,3384) foram muito superiores àqueles obtidos por NUNES (2005), onde o obtido para Telêmaco Borba, por exemplo, foi igual a 0,1165.

SAMPAIO (1999) obteve para a Fórmula de Monte Alegre original os valores de 0,0607 para o *skill score* e 36,92 para a porcentagem de sucesso e para a Fórmula de Monte Alegre aferida os valores de 0,0877 para o *skill score* e 46,26 para a porcentagem de sucesso para a região de Agudos, estado de São Paulo.

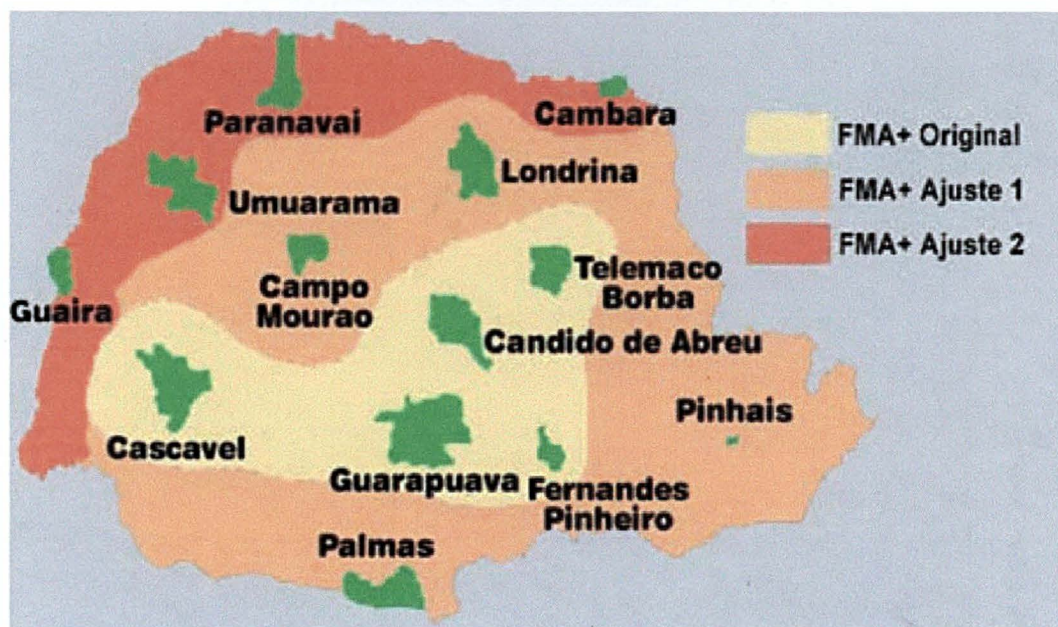
VIEGAS *et al.* (não publicado)¹, citado por SAMPAIO (1999) encontraram para província dos Alps-de-Haut, sul da Europa, valores de *skill score* de 0,28 para o FWI, 0,24 para o IREP, 0,25 para o índice espanhol, 0,26 para o HMIN, 0,24 para o índice português, 0,25 para o PERS (persistência de sucesso de dias com condições meteorológicas semelhantes) e 0,34 para o SYN (índice sintético).

4.1.6 Regionalização da Fórmula de Monte Alegre Alterada

A Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺), apresenta três escalas de perigo distintas para as 13 regiões estudadas no estado do Paraná. A Figura 54 mostra em que regiões devem ser adotadas essas escalas.

A escala de perigo original, definida por NUNES (2005) deve ser utilizada na área central do estado, regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava e Telêmaco Borba. A escala denominada “Ajuste 2”, deve ser utilizada nos extremos norte e oeste do estado, regiões de Cambará, Guaíra, Paranavaí e Umuarama. Finalmente, a escala denominada “Ajuste 1”, validada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Pinhais, Palmas e Telemaco Borba, deve ser usada no restante do estado.

FIGURA 54 – REGIÕES COM ESCALAS DE PERIGO SEMELHANTES



¹ Viegas, D. X.; Bovio, C.; Camia, A. Testing meteorological fire danger methods in Southern Europe. 38 p. (não publicado)

4.2 ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

A partir das análises da estrutura dos dados de entrada, das informações a serem geradas e da funcionalidade desejada, foi definida a estrutura do sistema, composto dos módulos apresentados a seguir.

4.2.1 Especificação do Diagrama de Contexto

Como apresentado no Diagrama de Contexto (Figura 55), o Sistema Integrado de Incêndios Florestais deve ser capaz de receber dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios florestais e produzir informações sobre o perigo de incêndios, estatísticas dos incêndios e comportamento do fogo, auxiliando na tomada de decisões sobre o controle dos incêndios florestais.

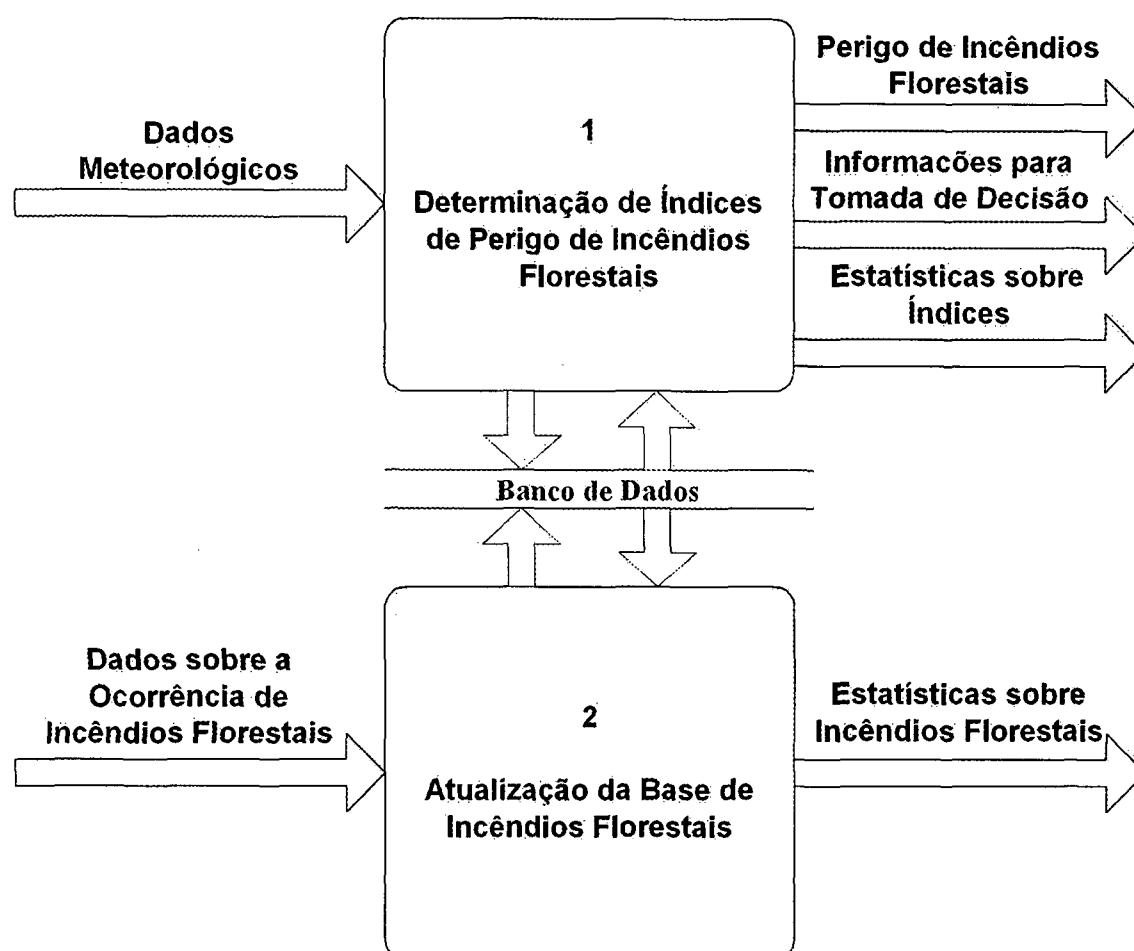
FIGURA 55 - DIAGRAMA DE CONTEXTO



4.2.2 Especificação do Diagrama de Fluxo de Dados Nível 1

Em um primeiro nível de detalhamento o Sistema Integrado de Incêndios Florestais foi dividido em dois processos distintos (Figura 56): o processo Determinação de Índices de Perigo de Incêndios Florestais e de Atualização da Base de Incêndios Florestais.

FIGURA 56 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 1



4.2.3 Especificação do Diagrama de Fluxo de Dados Nível 2

As Figuras 57 e 58 apresentam, respectivamente, o detalhamento dos processos de Determinação de Índices de Perigo de Incêndios Florestais e Atualização da Base de Incêndios Florestais. Cada um dos processos apresentados, identificados por 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6, 1.7, 1.8, 1.9, 2.1, 2.2, 2.3 serão descritos na sequência.

FIGURA 57 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 2: DETERMINAÇÃO DE ÍNDICES DE PERIGO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

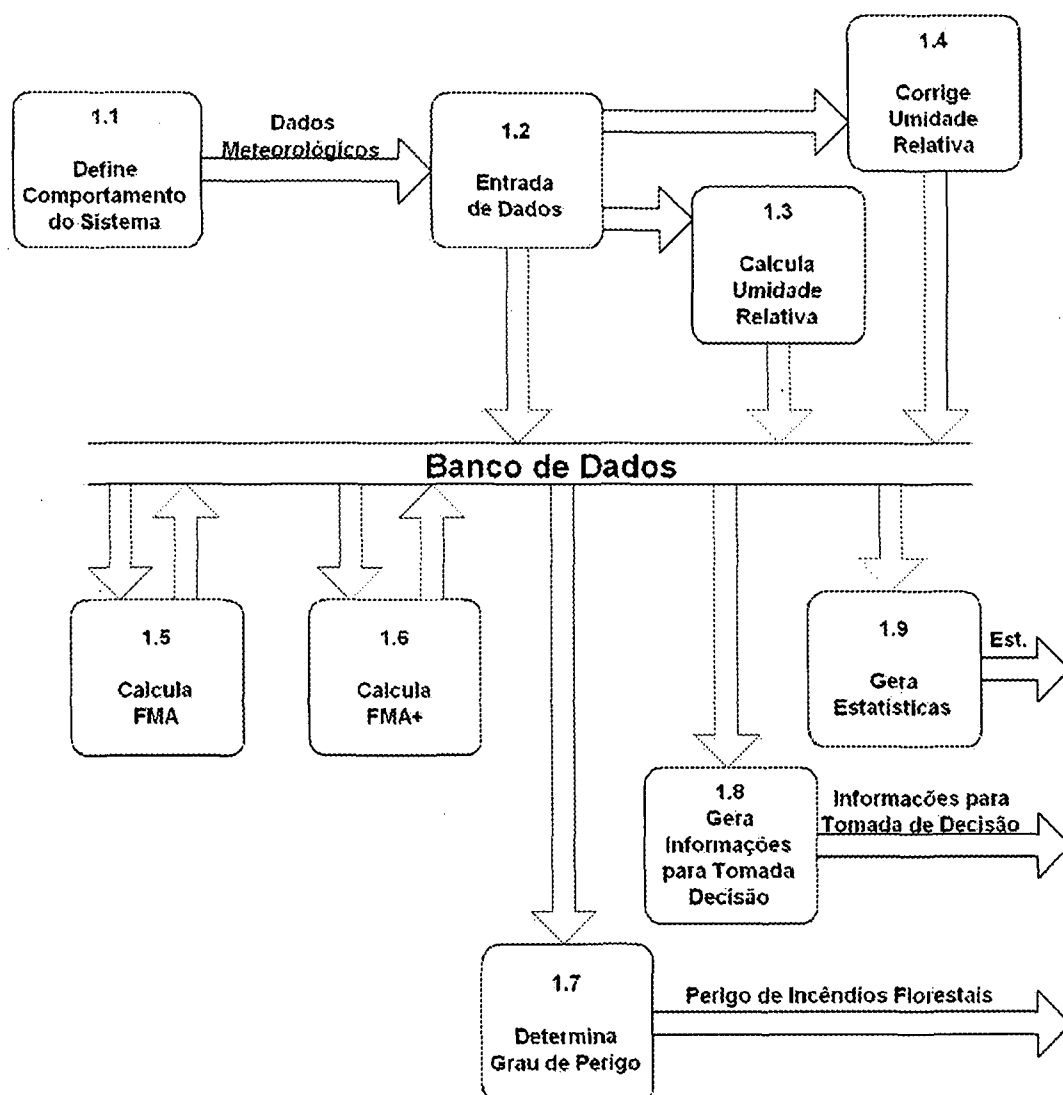
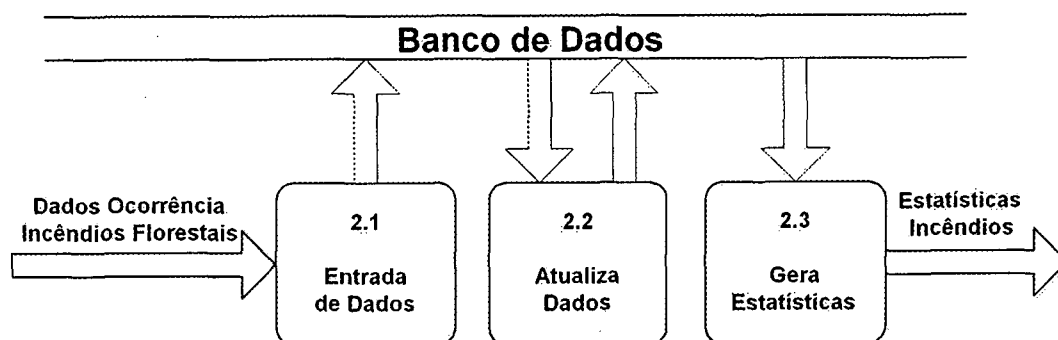


FIGURA 58 - DIAGRAMA DE FLUXO DE DADOS NÍVEL 2: ATUALIZAÇÃO DA BASE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS



4.2.4 Descrição dos Processos

- 1.1. Comportamento do Sistema - Permite ao usuário optar entre as duas principais funções do sistema: determinação de índices de perigo de incêndios florestais ou atualização da base de incêndios florestais. Permite ainda ao usuário escolher entre a Formula de Monte Alegre – FMA e a Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺;
- 1.2. Entrada de Dados - Permite ao usuário escolher como será feita a entrada de dados meteorológicos, podendo ser manual ou através da importação de arquivos em um determinado formato;
- 1.3. Calcula a Umidade Relativa - Módulo interno que a partir das temperaturas dos bulbos úmido e seco do psicrômetro e da altitude calcula a umidade relativa;
- 1.4. Corrige Umidade Relativa - Módulo interno, acionado quando o usuário coleta a umidade relativa às 9:00 ou 15:00 horas, pois a mesma deve ser corrigida para as 13:00 horas;
- 1.5. Calcula FMA - Módulo interno, acionado por opção do usuário quando não possui dados de velocidade do vento das 13:00 horas ou só possui dados de velocidade do vento das 9:00 ou 15:00 horas, uma vez que a velocidade do vento não será corrigida;
- 1.6. Calcula FMA⁺ - Módulo interno, acionado por opção do usuário. Neste caso deve-se ter os dados de velocidade do vento das 13:00 horas;
- 1.7. Determina Grau de Perigo - Módulo interno que apresenta ao usuário o grau de perigo para o dia a partir dos dados lançados;
- 1.8. Gera Informações para Tomada Decisão - Módulo interno que apresenta as medidas preventivas associadas a cada grau de perigo de FMA e FMA⁺;
- 1.9. Gera Estatísticas – Permite ao usuário obter estatísticas referentes aos índices de perigo FMA e FMA⁺, como o número e o percentual de dias em cada classe de perigo previstos em um determinado período, apresentando o resultado de forma textual e gráfica;
- 2.1 Entrada de Dados – Permite ao usuário escolher como será feita a entrada de dados referente à ocorrência de incêndios, podendo ser manual ou através da importação de arquivos em um determinado formato;

2.2 Atualiza Dados – Permite ao usuário realizar a atualização da base de dados, modificando e excluindo dados.

2.3 Gera outras Estatísticas - Permite ao usuário obter estatísticas referentes à ocorrência de incêndios florestais, tais como o número e o percentual de incêndios registrados em cada classe de perigo, a área queimada e o percentual em cada classe de perigo e a área queimada média por incêndio em cada classe de perigo em um determinado período, apresentando o resultado de forma textual e gráfica. Permite ao usuário obter o *skill score* e a porcentagem de sucesso, confrontando os valores previstos com os ocorridos, o que dá uma medida da adequação do modelo à região onde está sendo usado.

4.2.5 Base Teórica para os Principais Algoritmos

4.2.5.1 Cálculo da umidade relativa

Para o cálculo da umidade relativa a partir das temperaturas dos bulbos úmido e seco do psicrômetro e da altitude foram utilizadas as seguintes fórmulas (Soares e Batista 2004):

a) Cálculo da pressão atmosférica:

$$P_z = 760 \left(1 - \frac{0,0065z}{288} \right)^{5,2568}$$

onde:

P_z = pressão atmosférica em uma dada altitude, em mmHg

z = altitude em metros

b) Determinação da pressão máxima de vapor d'água:

$$E_t = 4,58 \times 10^3 \left(\frac{7,5t}{237,3+t} \right)$$

onde:

E_t = pressão máxima de vapor d'água na temperatura t , em mmHg

t = temperatura do ar em °C

- c) Determinação da pressão máxima de vapor para a temperatura do bulbo úmido, em mmHg:

$$E' = 4,58 \times 10^{\left(\frac{7,5t'}{237,3+t'} \right)}$$

onde:

E' = pressão máxima de vapor d'água na temperatura t' , em mmHg

t' = temperatura do bulbo úmido em °C

- d) Determinação da pressão real de vapor:

$$e = E' - cP_z(t - t')$$

onde:

e = pressão real de vapor, em mmHg

E' = pressão máxima de vapor d'água para a temperatura t'

c = constante psicrométrica (0,0008 sem ventilação forçada; 0,0006 com ventilação)

P_z = pressão atmosférica em mmHg

t = temperatura do ar (bulbo seco) em °C

t' = temperatura do bulbo úmido em °C

- e) Determinação da Umidade Relativa:

$$UR = \frac{e}{E} 100$$

4.2.5.2 Correção da umidade relativa

Segundo Nunes (2005), a estimativa da umidade relativa diária das 13:00 h, válida para o estado do Paraná, pode ser obtida através da leitura da umidade relativa das 9:00 h, mediante a equação:

$$UR_{13} = e^{(2,72976 + 0,0162192 UR_{09})}$$

A estimativa da umidade relativa diária das 13:00 h, válida para o estado do Paraná, pode ser obtida através da leitura da umidade relativa das 15:00 h, mediante a equação:

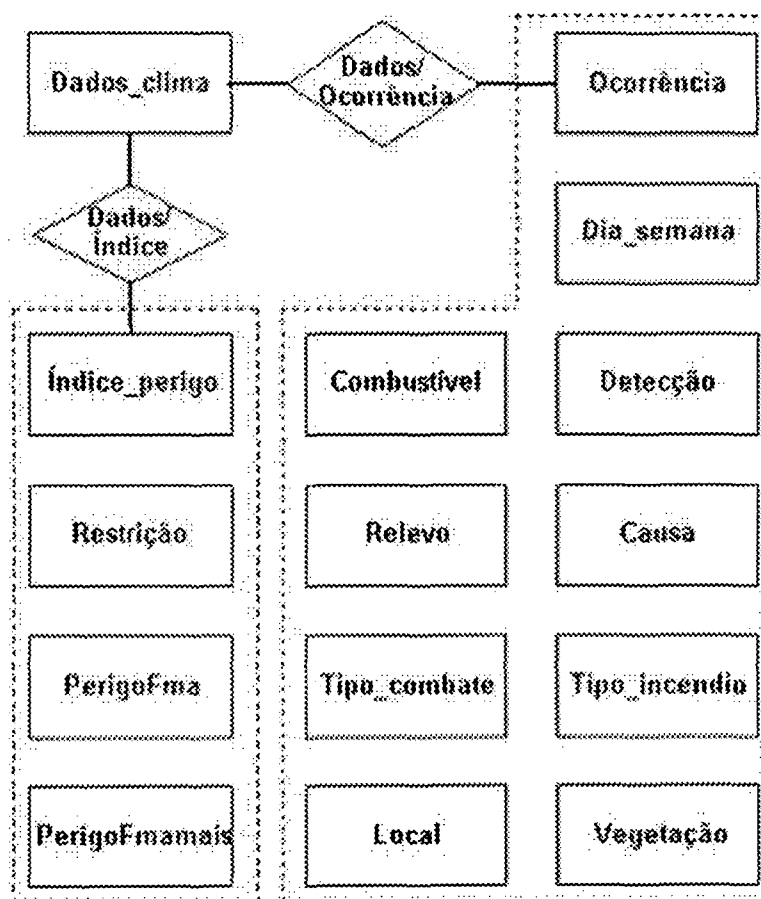
$$UR_{13} = 2,451510 UR_{15}^{0,796072}$$

4.2.6 Modelagem de Dados

4.2.6.1 Especificação do modelo conceitual

Na especificação do Modelo Conceitual foi desenvolvido o Diagrama de Entidade-Relacionamento (Figura 59). O modelo apresenta em sua estrutura a capacidade de armazenar dados meteorológicos, representado pela entidade Dados_Clima, índices de perigo de incêndios florestais, representado pela entidade Índice_Perigo, além de dados sobre a ocorrência de incêndios florestais, representado pela entidade Ocorrência. Entidades auxiliares como Dia_semana, Detecção, Causa, Tipo_incendio, Vegetação, Combustível, Relevô, Tipo_combate e Local, foram utilizadas para modelar toda a estrutura de dados necessária.

FIGURA 59 – DIAGRAMA DE ENTIDADE-RELACIONAMENTO



4.2.6.2 Especificação do modelo lógico

Na especificação do Modelo Lógico foram feitas as descrições de todas as tabelas referentes aos dados meteorológicos, índices de perigo de incêndios e às tabelas referentes à ocorrência de incêndios florestais. Para algumas tabelas auxiliares foram definidas as opções para preenchimento dos campos, com o objetivo de padronizar as informações. Foram também definidas as operações desejadas sobre cada uma das tabelas, visando à manutenção do banco de dados e uma maior flexibilidade na interface com outros sistemas.

4.2.6.3 Descrição das tabelas referentes aos dados meteorológicos e índices de perigo de incêndios florestais

Dados_clima (data, local, altitude, umidade_relativa_13, precipitação_diária, velocidade_vento_13)

Operações: inclusão, alteração, exclusão, importação de dados, exportação de dados

Índice_perigo (data, local, acumulado, PerigoFma, grau_perigo, valor_fmamais, PerigoFmamais)

Operações: valores calculados a partir da tabela de clima, exportação de dados

Restrição (lim_inferior, lim_superior, dedução)

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

PerigoFma (código, val_inferior, val_superior, grau_perigo)

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

PerigoFmamais (código, val_inferior, val_superior, grau_perigo)

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

4.2.6.4 Descrição das tabelas referentes à ocorrência de incêndios florestais

Ocorrência (data, local, dia semana, latitude, longitude, hora_deteção, hora_incêndio_controlado, hora_incêndio_extinto, informante, área_queimada, deteção, causa, tipo_incêndio, vegetação, combustível, relevo, tipo_combate)

Operações: inclusão, alteração, exclusão, importação de dados, exportação de dados.

Dia_semana (código, dia)

Opções de Dia_semana: domingo, segunda-feira, terça-feira, quarta-feira, quinta-feira, sexta-feira, sábado.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Deteção (código, forma deteção)

Opções de Deteção: vigilante móvel, vigilante fixo, vizinho, torre, avião, satélite, outros

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Causa (código, causa)

Opções de Causa: raios, incendiários, queimas_para_limpeza, fumantes, recreação, estradas_de_ferro, operações_florestais, diversos.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Tipo_incendio (código, tipo_incêndio)

Opções de Tipo de incêndio: subterrâneo, superficial, copa.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Vegetação (código, tipo_vegetação)

Opções de Vegetação: nativa, exótica.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Combustível (código, tipo_combustível)

Opções de Combustível: pasto, agricultura, capoeira, campo, floresta nativa, pinus, eucalipto, araucaria, outras florestas plantadas

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Relevo(código, tipo_terreno)

Opções de Relevo: plano, ondulado, medianamente ondulado, fortemente ondulado.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Tipo_combate (código, tipo_combate)

Opções de Tipo de combate: ataque direto, ataque pelos flancos, contra-fogo, apoio aéreo, apoio terrestre.

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

Local (código, local)

Operações: inclusão, alteração, exclusão.

É importante salientar que os detalhes internos de armazenamento não foram descritos no modelo lógico, pois estas informações fazem parte do modelo físico, que é a tradução do modelo lógico para a linguagem do software escolhido para implementar o sistema.

4.3 PROMETHEUS - SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

No Brasil, a falta de informações integradas em âmbito nacional ou mesmo regional é um dos sérios problemas para os técnicos que atuam na prevenção e combate aos incêndios florestais, para as empresas, responsáveis por extensas áreas de plantio e de preservação, e para o setor público, responsável pelas unidades de conservação.

Prometheus é um sistema computacional, que permite calcular e armazenar, realizar consultas, emitir relatórios e gráficos do índice de perigo de incêndios florestais determinado pela Fórmula de Monte Alegre - FMA, Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺ na versão original e com os Ajustes 1 e 2. Permite também armazenar, realizar consultas, emitir relatórios de informações referentes aos incêndios florestais. Outras funcionalidades foram incorporadas ao sistema, como a correção da umidade relativa das 9:00 e 15 para as 13:00 horas, o cálculo da umidade relativa a partir da altitude do local e das temperaturas dos bulbos úmido e seco de um psicrômetro.

4.3.1 Visão Geral do Sistema

O sistema Prometheus foi desenvolvido usando a linguagem Borland Delphi 6.0 com acesso via Borland Database Engine - BDE e base de dados Paradox para Windows XP. Testes foram realizados em Windows 98 e o sistema funcionou normalmente. Para instalação no Windows XP, o usuário deve ter privilégio de administrador do sistema.

O sistema foi desenvolvido em um ambiente moderno, visando fácil utilização e entendimento por parte do usuário, sem deixar de lado as questões de segurança e confiabilidade.

As opções referentes ao cálculo e ajuste de umidade relativa tornam o sistema bastante flexível, podendo ser configurado para a realidade do usuário.

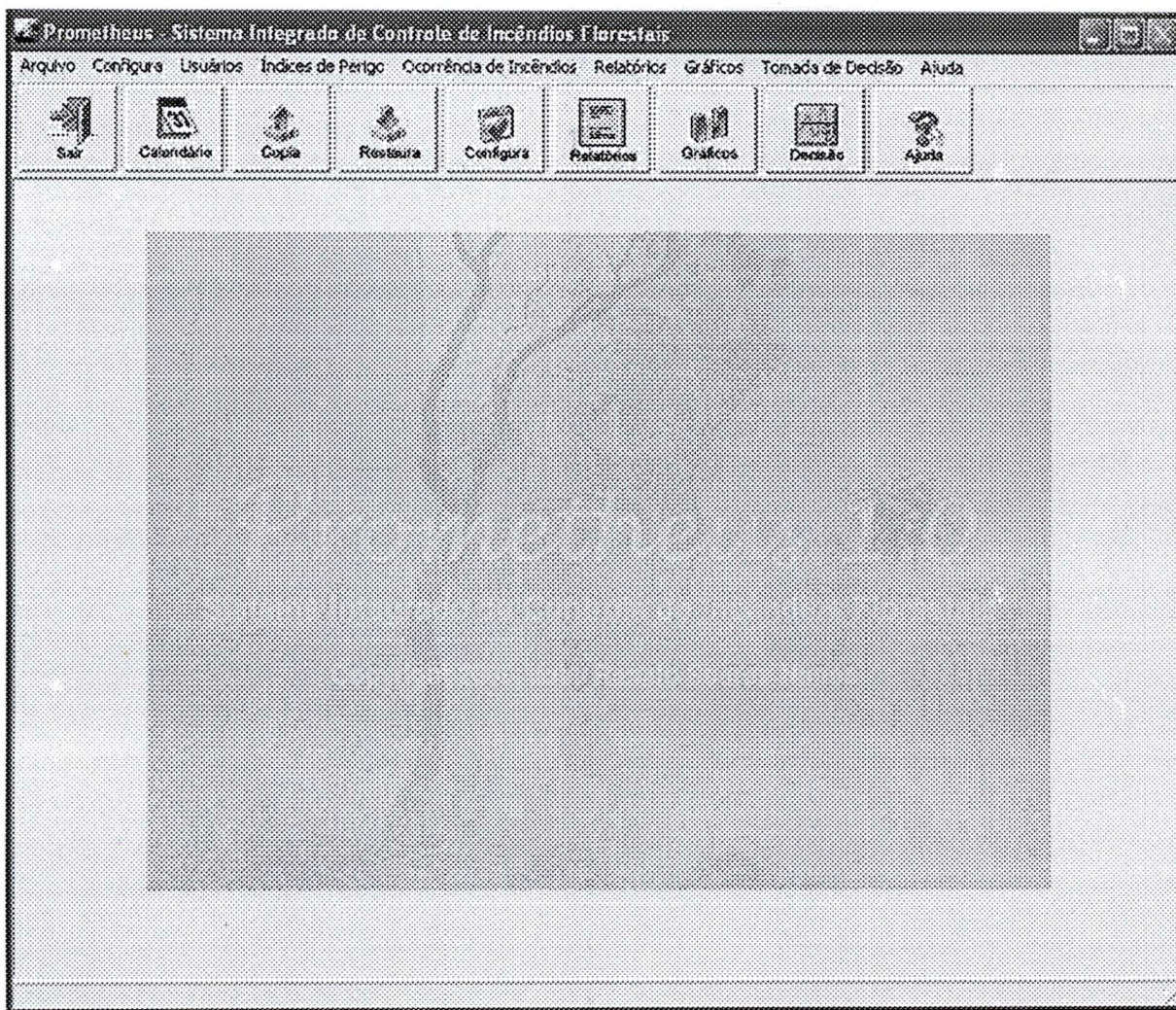
Consultas, relatórios, gráficos e um módulo de auxílio à tomada de decisão dão ao usuário o suporte necessário ao manejo do fogo em sua empresa ou unidade de conservação.

Procedimentos de geração e restauração de cópia de segurança são responsáveis por garantir a integridade do sistema.

4.3.2 Principais Funções

As principais funções do sistema são: Configuração do Sistema, Gerar Cópia de Segurança, Restaurar Cópia de Segurança, Cadastramento de Usuários, Cadastramento e Consulta de Índices de Perigo, Cadastramento e Consulta de Ocorrência de Incêndios Florestais, Emissão de Relatórios, Visualização de Gráficos e um módulo de Auxílio à Tomada de Decisão. A Figura 60 apresenta a janela inicial do sistema.

FIGURA 60 – JANELA INICIAL DO SISTEMA

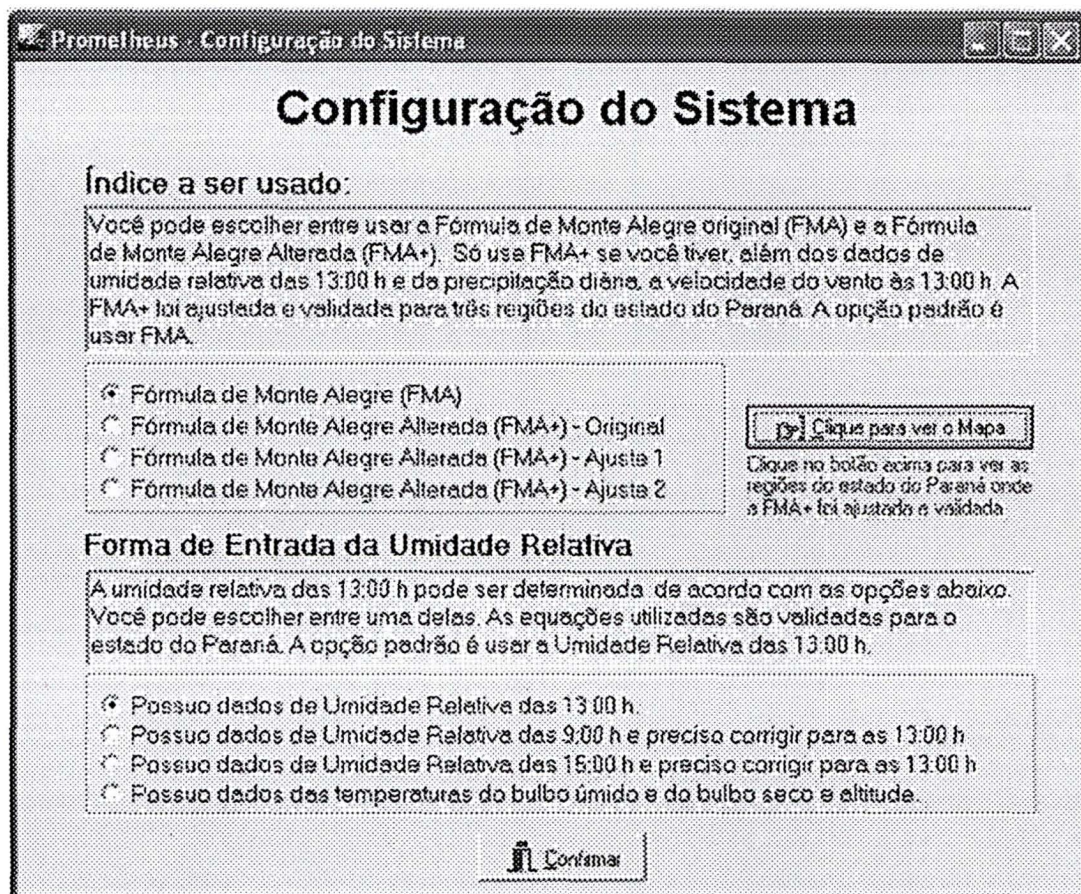


4.3.2.1 Configuração do sistema

A opção **Configuração** deve ser a primeira tarefa que o usuário deve realizar antes de colocar o sistema em produção. Depois de se certificar do tipo de índice a ser usado e dos valores de umidade relativa existentes deve-se realizar a

configuração que vai definir o comportamento do sistema, habilitando e desabilitando opções. A Figura 61 apresenta a janela de configuração do sistema.

FIGURA 61 – CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA



A configuração se refere somente à opção **Índice de Perigo** e não interfere na opção **Ocorrência de Incêndios**, que é deixada habilitada. Sugere-se que o usuário registre as ocorrências de incêndio, pois esses dados são importantes para futura análise de desempenho do índice na região e para a realização de ajustes ao índice, quando necessário.

4.3.2.2 Índice a ser usado

A primeira opção permite ao usuário escolher entre usar a Fórmula de Monte Alegre original (FMA) ou a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺). O usuário pode utilizar FMA⁺ somente se tiver, além dos dados de umidade relativa das 13:00 h e da precipitação diária, a velocidade do vento às 13:00 h. A FMA⁺ foi

ajustada e validada para três regiões do estado do Paraná. Uma das opções apresentadas abaixo deve ser selecionada. **A opção padrão é usar FMA.**

Fórmula de Monte Alegre (FMA)

Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) - Original

Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) - Ajuste 1

Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) - Ajuste 2

Forma de Entrada da Umidade Relativa

A segunda opção permite ao usuário escolher a forma de entrada da umidade relativa. Uma das opções apresentadas abaixo deve ser selecionada. As equações utilizadas são validadas para o estado do Paraná. **A opção padrão é usar a Umidade Relativa das 13:00 h.**

Dados de Umidade Relativa das 13:00 h.

Dados de Umidade Relativa das 9:00 h

Dados de Umidade Relativa das 15:00 h

Dados das temperaturas do bulbo úmido e do bulbo seco, altitude e constante psicrométrica.

4.3.2.3 Cópia de segurança

A questão da segurança dos dados é contemplada pelo sistema Prometheus de forma a deixar o usuário em uma situação confortável em relação aos dados, desde que o mesmo adote uma estratégia com o objetivo de se proteger contra eventos indesejáveis.

Existem duas funções básicas que são: Gerar Cópia de Segurança e Restaurar Cópia de Segurança.

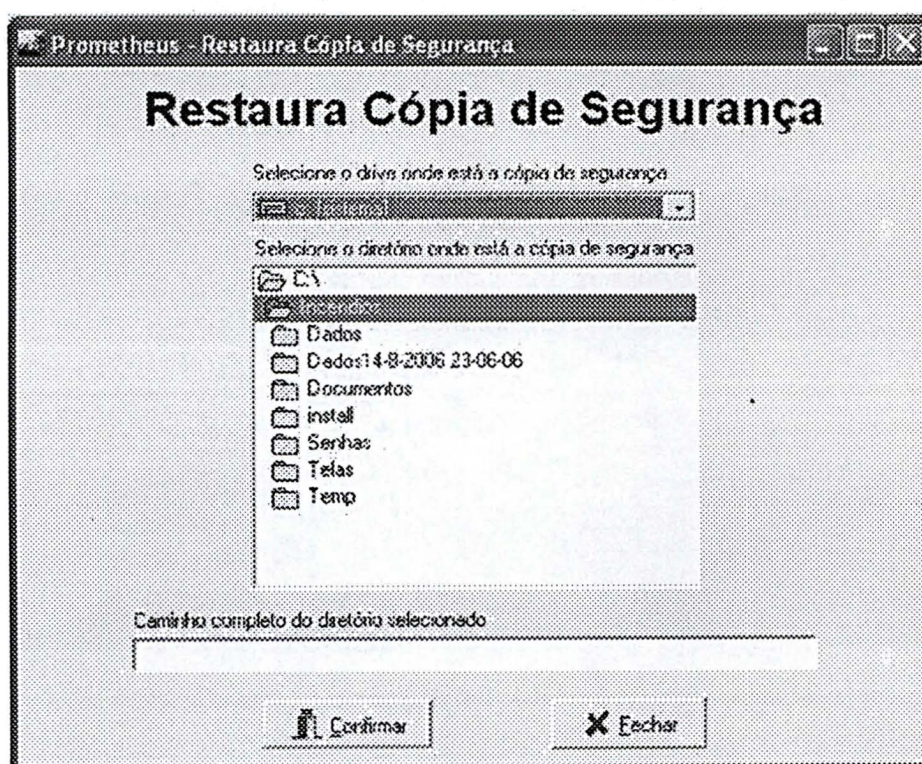
O usuário pode Gerar Cópia de Segurança a qualquer momento que desejar. Quando o usuário aciona esta função em **Arquivo/Gerar Cópia de Segurança**, será gravada uma cópia de todos os dados existentes no banco de dados naquele instante em um diretório, como, por exemplo: **c:\Incendios\Dados15-8-2006 23-06-06**, que identifica a data e a hora em que a cópia foi gerada. Este aspecto facilita uma futura recuperação dos dados. Sugere-se que, periodicamente, esses dados sejam gravados em uma mídia externa ao computador, como CD ou *pen-drive*.

Para **Restaurar Cópia de Segurança**, existem duas possibilidades. A primeira se refere a recuperação de dados em função de alguma operação equivocada do usuário, como apagar registros que não deveriam ser apagados. Neste caso o usuário, entra em **Arquivo/Restaurar Cópia de Segurança**.

A segunda possibilidade refere-se a problemas mais sérios de corrupção da base de dados. Neste caso o usuário deve realizar a recuperação externamente, pois o sistema apresenta erro na base de dados e não inicia. Para realizar a restauração, deve ser executado o **programa restaura.exe** que se encontra no diretório **c:\Incendios** e apresenta as mesmas características da versão interna. Quando da instalação do sistema, é gerado um ícone na área de trabalho do usuário chamado **Restaurar Cópia de Segurança** que permite a execução externa do programa de restauração.

Em ambos os casos, será apresentada uma janela que permite ao usuário selecionar a versão de cópia desejada. Normalmente a versão mais recente é a escolhida. A Figura 62 apresenta a janela para restauração da cópia de segurança.

FIGURA 62 – RESTAURAÇÃO DE CÓPIA DE SEGURANÇA



Convém observar que o sistema é capaz de recuperar cópias que estejam armazenados em mídia externa ao computador, como CD ou *pen-drive*.

4.3.2.4 Usuários

A opção **Usuários** permite o cadastramento de novos usuários e a troca do usuário ativo sem a necessidade de sair do sistema.

O sistema só pode ser utilizado por usuários autorizados. Para tanto, os mesmos devem ser cadastrados para posterior acesso, podendo-se incluir, alterar e excluir nomes e senhas de usuários. O único usuário que não pode ser excluído, alterado ou ter a senha modificada é o usuário **admin**, que já existe quando o sistema é instalado. A Figura 63 apresenta a janela de *login* apresentada na inicialização do sistema ou quando é realizada a troca de usuário. A Figura 64 apresenta a janela de cadastramento de usuários.

O usuário **admin** é o único que tem permissão para criar novos usuários e alterar suas características como nome e senha.

Tanto a identificação do usuário quanto a senha devem ter no máximo 8 caracteres alfanuméricos, sendo que os caracteres alfabéticos são sempre minúsculos.

FIGURA 63 – JANELA DE LOGIN

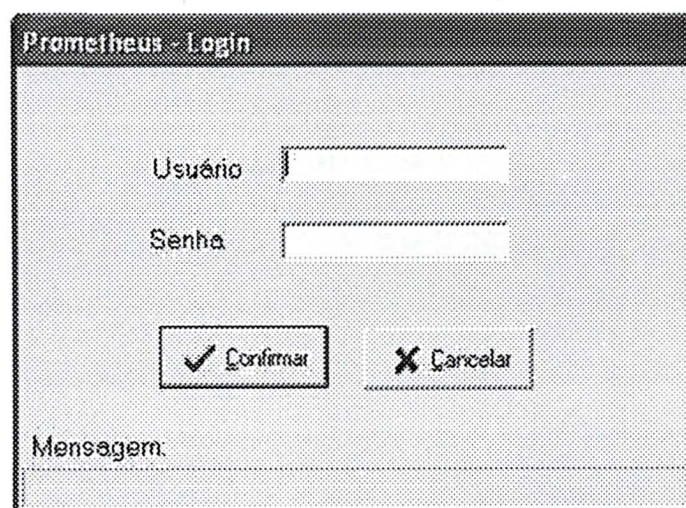
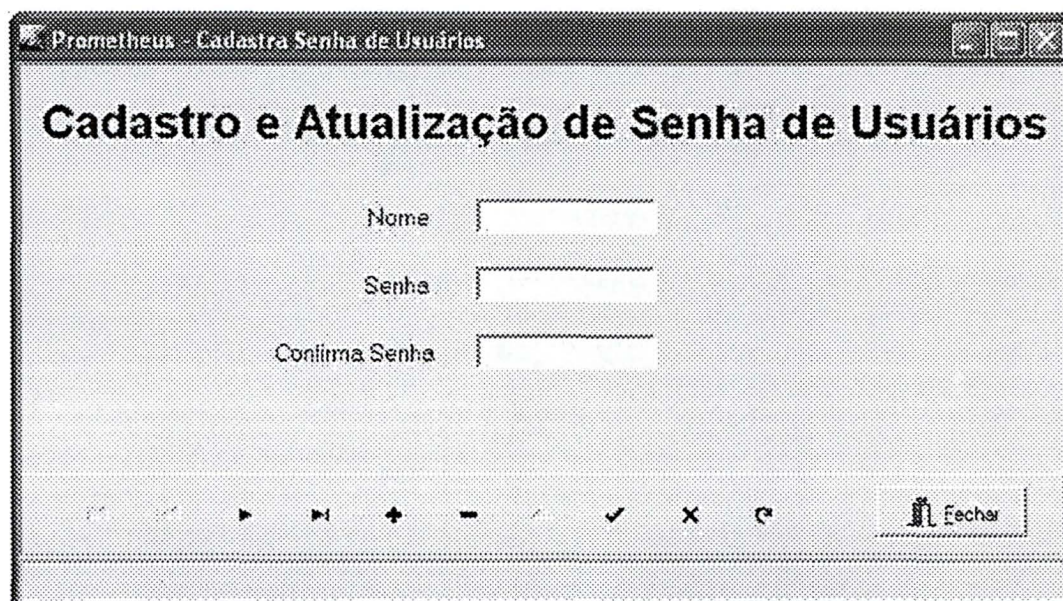


FIGURA 64 – JANELA DE CADASTRAMENTO DE USUÁRIOS



4.3.2.5 Índices de perigo

A opção **Índices de Perigo** permite calcular, armazenar e consultar o índice de perigo de incêndios florestais diário, calculado pela Fórmula de Monte Alegre - FMA e pela Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺ original, Ajuste 1 e Ajuste 2.

As três versões da FMA⁺ se referem a ajustes realizados para o estado do Paraná. Caso o local onde o usuário irá utilizar o sistema seja em outro estado, sugere-se a adoção da FMA⁺ original. Depois de um ano de uso diário, tendo o registro das ocorrências de incêndios florestais na região, o índice pode ter o seu desempenho avaliado e, se necessário, ajustado para a região.

4.3.2.6 Fórmula de Monte Alegre

Desenvolvido através de dados da região central do estado do Paraná, este índice, também acumulativo, utiliza duas variáveis: uma de forma direta, a umidade relativa do ar, medida às 13:00 h e outra de forma indireta, a precipitação diária. A sua equação básica é a seguinte (SOARES 1972):

Um dos principais pontos positivos da Fórmula de Monte Alegre é a sua simplicidade, pois só utiliza duas variáveis meteorológicas, umidade relativa e

precipitação, que são de fácil obtenção. A Figura 65 apresenta a janela de cadastramento para FMA. A Figura 66 apresenta a janela para consulta para FMA.

FIGURA 65 – CADASTRO DE FMA

Cadastro e Atualização de Dados - FMA
Utilizando dados de Umidade Relativa das 13:00 h

Data: 12/12/2000

Umidade Relativa - 13 h: 50.00 Precipitação Diária: 0.00

Acumulado: 0.0139 Valor de FMA: 2.0000 Grau de Perigo: baixo

Cor Indicativa: [Barra de cor]

Calcular Fechar

FIGURA 66 – CONSULTA FMA

Consulta a Dados - FMA

Data: [Campo vazio]

Data Inicial: 1/6/1998 Data Final: 23/6/1998 Buscar

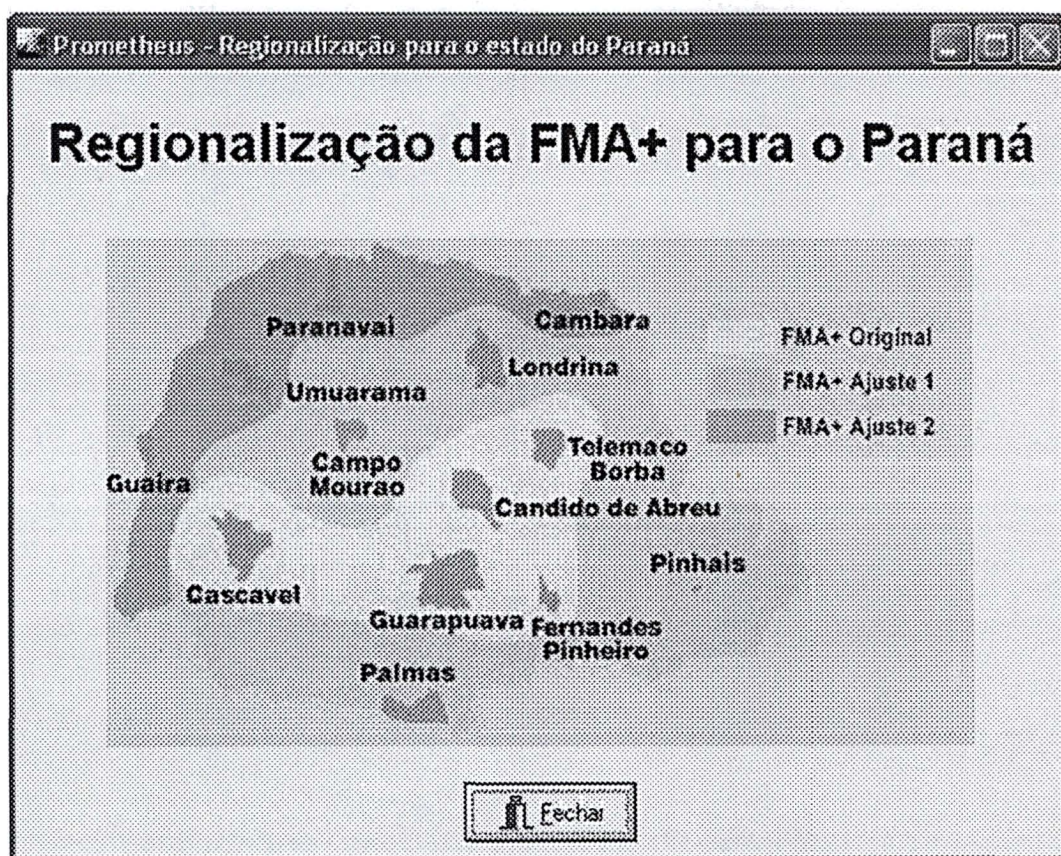
Data	Umidade Relativa - 13 h	Precipitação Diária	Acumulado	Valor de FMA	Grau de Perigo
01/05/1998	57.00	0.00	0.0143	1.4507	baixo
02/06/1998	60.70	0.00	0.0314	3.1400	médio
03/06/1998	63.40	0.00	0.0472	4.7173	médio
04/06/1998	61.70	0.00	0.0634	6.3380	médio
05/06/1998	51.70	0.00	0.0927	8.2723	alto
06/06/1998	60.20	0.00	0.0993	9.8334	alto
07/06/1998	60.70	0.00	0.1158	11.5808	alto
08/06/1998	56.50	0.00	0.1335	13.3507	alto
09/06/1998	57.30	0.00	0.1510	15.0858	alto

Exportar Fechar

4.3.2.7 Fórmula de Monte Alegre Alterada – FMA⁺

Desenvolvida por NUNES (2005) para a Região Central do estado do Paraná, município de Telêmaco Borba, a Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺, foi ajustada para o estado do Paraná e apresenta três escalas de perigo distintas. A Figura 67 apresenta as regiões do estado do Paraná nas quais devem ser adotadas essas escalas.

FIGURA 67 – REGIÕES COM ESCALAS DE PERIGO SEMELHANTES



A escala de perigo original deve ser utilizada na área central do estado, onde se encontram as regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Fernandes Pinheiro, Guarapuava e Telêmaco Borba. A escala de perigo denominada "Ajuste 2" deve ser utilizada no extremo norte do estado compreendendo as regiões de Cambará, Guaira, Paranavaí e Umuarama. Finalmente, a escala de perigo denominada "Ajuste 1", deve ser utilizada para o restante do estado, validada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais.

4.3.2.8 FMA⁺ original

A Figura 68 apresenta a janela de cadastramento para FMA⁺ Original. A Figura 69 apresenta a janela para consulta para FMA⁺ Original.

FIGURA 68 – CADASTRO DE FMA⁺ ORIGINAL

Cadastro e Atualização de Dados - FMA+ Original
Utilizando dados de Umidade Relativa das 13:00 h

Data: 22/11/2005

Umidade Relativa 13:00 h: 50.00 Precipitação Diária: 0.00 Velocidade do Vento - 13 h: 3.00

Acumulado: 0.0000 Valor de FMA+: 2.2500 Grau de Perigo: médio

Cor Indicativa: [Barra de cor]

Recalcular Fechar

FIGURA 69 – CONSULTA FMA⁺ ORIGINAL

Consulta a Dados - FMA+ Original

Data: [Campo]

Data Inicial: 5/6/1998 Data Final: 12/6/1998 Procurar

Data	Umidade Relativa - 13 h	Precipitação Diária	Velocidade Vento - 13 h	Acumulado	Valor de FMA+	Grau de Perigo
05/06/1998	60.20	0.00	1.20	0.0927	10.5899	médio
06/06/1998	60.20	0.00	1.60	0.0993	10.5899	médio
07/06/1998	60.70	0.00	3.20	0.1158	13.1622	médio
08/06/1998	56.50	0.00	4.20	0.1335	15.7931	alto
09/06/1998	57.30	0.00	1.20	0.1510	15.8382	alto
10/06/1998	49.60	0.00	1.20	0.1711	17.9535	alto
11/06/1998	91.20	0.40	0.00	0.1821	18.2086	alto
12/06/1998	65.10	0.00	4.80	0.1974	23.9240	alto

Exportar Fechar

4.3.2.9 FMA⁺ ajuste1

A Figura 70 apresenta a janela de cadastramento para FMA⁺ Ajuste 1. A Figura 71 apresenta a janela para consulta para FMA⁺ Ajuste 1.

FIGURA 70 – CADASTRO DE FMA⁺ AJUSTE 1

Prometeus - Cadastro/Atualização de Dados de Clima - FMA⁺ Ajuste 1

Cadastro e Atualização de Dados - FMA⁺ Ajuste 1

Utilizando dados de Umidade Relativa das 13:00 h

Data: 25/11/2005

Umidade Relativa 13:00 h	Precipitação Diária	Velocidade do Vento - 13 h
93,00	5,00	4,00
Acumulado	Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
0,030	0,0725	pequeno

Cor Indicativa

◀ ◁ ▷ ▶ + - ▲ 🔍 ↺

Recalcular Fechar

FIGURA 71 – CONSULTA FMA⁺ AJUSTE 1

Prometeus - Consulta - FMA⁺ Ajuste 1

Consulta a Dados - FMA⁺ Ajuste 1

Data:

Data Inicial: 10/5/1998 Data Final: 25/6/1998 🔍

Procurar

Data	Umidade Relativa - 13 h	Precipitação Diária	Velocidade Vento - 13 h	Acumulado	Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
10/05/1998	85,20	0,00	2,00	0,0711	18,2088	baixo
11/05/1998	91,20	0,40	0,00	0,1821	18,2088	alto
12/05/1998	65,10	0,00	4,80	0,1974	22,3240	alto
13/05/1998	64,10	0,00	4,80	0,2130	25,8143	muito alto
14/05/1998	64,30	0,00	6,70	0,2286	29,8959	muito alto
15/05/1998	65,10	0,00	2,50	0,2440	26,9618	muito alto
16/05/1998	60,90	0,00	6,60	0,2604	33,3049	muito alto
17/05/1998	70,00	0,00	3,00	0,2747	30,9685	muito alto
18/05/1998	80,90	0,00	2,40	0,2670	31,5948	muito alto

◀ ◁ ▷ ▶

Exportar Fechar

4.3.2.10 FMA⁺ ajuste2

A Figura 72 apresenta a janela de cadastramento para FMA⁺ Ajuste 2. A Figura 73 apresenta a janela para consulta para FMA⁺ Ajuste 2.

FIGURA 72 – CADASTRO DE FMA⁺ AJUSTE 2

Prometheus - Cadastro/Atualização de Dados de Clima - FMA⁺ Ajuste 2

Cadastro e Atualização de Dados - FMA⁺ Ajuste 2

Utilizando dados de Umidade Relativa das 13:00 h

Data: 27/11/2005

Umidade Relativa 13:00 h: 70,00 Precipitação Diária: 0,00 Velocidade do Vento - 13 h: 7,00

Acumulado: 0,0000 Valor de FMA⁺: 5,4204 Grau de Perigo: pequeno

Cor Indicativa:

FIGURA 73 – CONSULTA FMA⁺ AJUSTE 2

Prometheus - Consulta - FMA⁺ Ajuste 2

Consulta a Dados - FMA⁺ Ajuste 2

Data:

Data Inicial: 1/6/1998 Data Final: 20/6/1998

Data	Umidade Relativa - 13 h	Precipitação Diária	Velocidade Vento - 13 h	Acumulado	Valor de FMA ⁺	Grau de Perigo
01/06/1998	62,70	0,00	1,30	0,0314	1,4151	pequeno
02/06/1998	60,70	0,00	2,10	0,0314	3,4151	pequeno
03/06/1998	63,40	0,00	4,50	0,0472	5,6476	pequeno
04/06/1998	61,70	0,00	7,20	0,0634	9,4534	médio
05/06/1998	51,70	0,00	9,30	0,0827	11,5265	médio
06/06/1998	60,20	0,00	1,60	0,0993	10,5839	médio
07/06/1998	60,70	0,00	3,20	0,1156	13,1623	médio
08/06/1998	56,50	0,00	4,20	0,1395	15,7921	alto
09/06/1998	57,30	0,00	1,20	0,1510	15,8082	alto

4.3.2.11 Correção da umidade relativa

A Figura 74 apresenta a janela de cadastro quando se vai utilizar a correção da umidade relativa das 9:00 para as 13:00 h.

FIGURA 74 – CADASTRO PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 9:00 PARA AS 13:00 H

The screenshot shows a software window titled 'Prometheus - Cadastro/Atualização de Dados de Clima - FMA+ Original'. The main heading is 'Cadastro e Atualização de Dados - FMA+ Original' with the subtitle 'Utilizando dados de Umidade Relativa das 9:00 h'. The form contains the following fields and values:

Data	Umidade Relativa 9:00 h	
25/11/2005		
Umidade Relativa 13:00 h	Precipitação Diária	Velocidade do Vento - 13 h
88,00	0,00	12,00
Acumulado	Valor de FMA+	Nível de Perigo
0,0000	9,0000	Perigo
Cor Indicativa		

At the bottom, there is a navigation bar with icons for back, forward, and other functions, along with buttons labeled 'Recalcular' and 'Fechar'.

A Figura 75 apresenta a janela de cadastro quando se vai utilizar a correção da umidade relativa das 15:00 para as 13:00 h.

FIGURA 75 – CADASTRO PARA CORREÇÃO DA UMIDADE RELATIVA DAS 15:00 PARA AS 13:00 H

The screenshot shows the same software window as Figure 74, but with the subtitle 'Utilizando dados de Umidade Relativa das 15:00 h'. The form contains the following fields and values:

Data	Umidade Relativa 15:00 h	
25/11/2005		
Umidade Relativa 13:00 h	Precipitação Diária	Velocidade do Vento - 13 h
88,00	5,00	4,00
Acumulado	Valor de FMA+	Nível de Perigo
0,0000	4,0000	Perigo
Cor Indicativa		

The bottom navigation bar and buttons ('Recalcular', 'Fechar') are identical to Figure 74.

4.3.2.12 Cálculo da umidade relativa

Foi também contemplada a possibilidade de se entrar com os valores das temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido de um psicrômetro e da altitude do local para se determinar a umidade relativa.

A Figura 76 apresenta a janela de cadastro quando se vai utilizar o cálculo da umidade relativa a partir das temperaturas do bulbo seco e do bulbo úmido fornecidas por um psicrômetro.

FIGURA 76 – CADASTRO PARA CÁLCULO DA UMIDADE RELATIVA

Cadastro e Atualização de Dados - FMA+ Original
Utilizando as Temperaturas do Bulbo Úmido, Bulbo Seco e Altitude

Data 23/11/2005	Temperatura Bulbo Seco 45.00	Temperatura Bulbo Úmido 0.00	Altitude 3.00	Constante Psicrométrica 0.0008 - sem ventilação forçada 0.0005 - com ventilação forçada
Umidade Relativa 13.00 h 45.00	Precipitação Diária 0.00	Velocidade do Vento - 13 h 3.00	Acumulado 5.3422	Valor de FMA+ 8.7185
Grau de Perigo parcialmente		Cor Indicativa		

Botões: Recalcular, Fechar

Vale ressaltar que os dados de temperatura do bulbo seco, úmido e altitude não são armazenados na base de dados. Somente a umidade relativa calculada será armazenada.

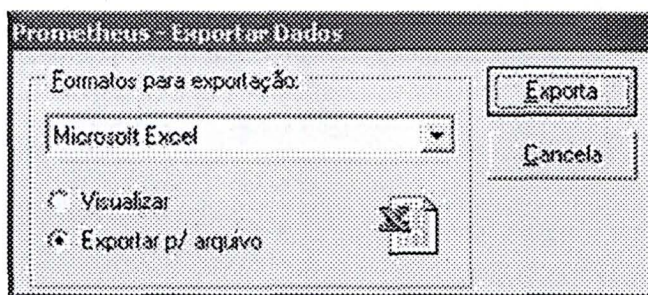
4.3.2.13 Observações gerais

Em todas as janelas de Cadastramento e Atualização de Dados referentes aos índices existe um botão chamado **Recalcular** cuja função é muito importante. Determinadas operações como exclusão, alteração e inclusão fora da seqüência de tempo normal podem fazer com que a base de dados fique em um estado inconsistente pois, como os índices são acumulativos, qualquer alteração na seqüência normal dos dados pode deixar os valores incorretos. Para as operações de exclusão e alteração o sistema já recalcula os dados automaticamente. Para

inclusões fora da seqüência de tempo normal é necessário comandar a operação para recalcular os valores do índice, bastando para tal, “clique” no referido botão. A operação de inclusão normal não tem problema e o sistema processa os dados normalmente. A execução de uma operação de recálculo sem que haja necessidade, não traz qualquer problema para a base.

Em todas as janelas de Consulta a Dados, referentes aos índices, existe um botão chamado **Exportar** cuja função é exportar para os formatos Excel, Word-doc, RTF, HTML e para a área de transferência. Esta opção permite tanto exportar para um arquivo no diretório **c:\Incendios\Exporta** como apenas visualizar o arquivo na opção escolhida. A Figura 77 apresenta a janela com o diálogo para a exportação de dados. Esta facilidade é um bom recurso para a geração de relatórios a partir de seleções feitas sobre a base de dados.

FIGURA 77 – JANELA DE DIÁLOGO PARA A EXPORTAÇÃO DE DADOS



4.3.2.14 Ocorrência de incêndios

A opção **Ocorrência de Incêndios** permite cadastrar e consultar informações referentes à ocorrência de incêndios em uma localidade, município, estado.

As informações estão divididas em três grupos: Informações Gerais, Caracterização da Área e Caracterização do Incêndio.

Todas as informações são obrigatórias durante o cadastramento. Essa decisão de desenvolvimento foi tomada com o objetivo de evitar que sejam criadas bases de dados incompletas.

Na opção de consulta à ocorrência, o usuário pode fazer consultas por data, localidade, município, estado, dia da semana, causa do incêndio, vegetação e combustível.

As Figuras 78 e 79 apresentam as janelas de cadastramento de ocorrências de incêndios e de consulta a ocorrências de incêndios, respectivamente.

FIGURA 78 – CADASTRAMENTO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS

Prometeus - Ocorrência de Incêndios Florestais

Cadastro de Ocorrência de Incêndios Florestais

Informações Gerais

Código Gerado Automaticamente: Data: Responsável pelas Informações:

Caracterização da Área

Estado: Município:

Localidade: Latitude: Longitude: Altitude (m):

Caracterização do Incêndio

Datação: Hora: Primeiro Ataque: Hora: Incêndio Controlado: Hora: Incêndio Extinto: Hora:

Dia da Semana: Forma de Detecção: Causa do Incêndio:

Tipo de Incêndio: Vegetação: Combustível:

Relevo da Região: Tipo de Combate: Nº Combatentes: Área Queimada (ha):

Fechar

FIGURA 79 – CONSULTA A OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS

Prometeus - Consulta Ocorrência de Incêndios

Consulta a Dados - Ocorrência de Incêndios

Data de Ocorrência: Localidade: Município: Estado: Dia da Semana: Causa do Incêndio: Vegetação: Combustível:

Data Inicial: Data Final:

Data	Local	Município	Estado	Latitude	Longitude
12/10/2000	Rio Abaixo	Mandrituba	Paraná - PR	22°12'00"S	43°
15/10/2000	Espigão	Mandrituba	Paraná - PR	22°22'22"S	43°
16/10/2000	Guapirara	Mandrituba	Paraná - PR	22°22'22"S	43°
18/10/2000	Espigão	Mandrituba	Paraná - PR	22°22'22"S	43°
19/10/2000	Guapirara	Mandrituba	Paraná - PR	22°22'07"S	43°
20/10/2000	Guapirara	Mandrituba	Paraná - PR	22°23'00"S	44°

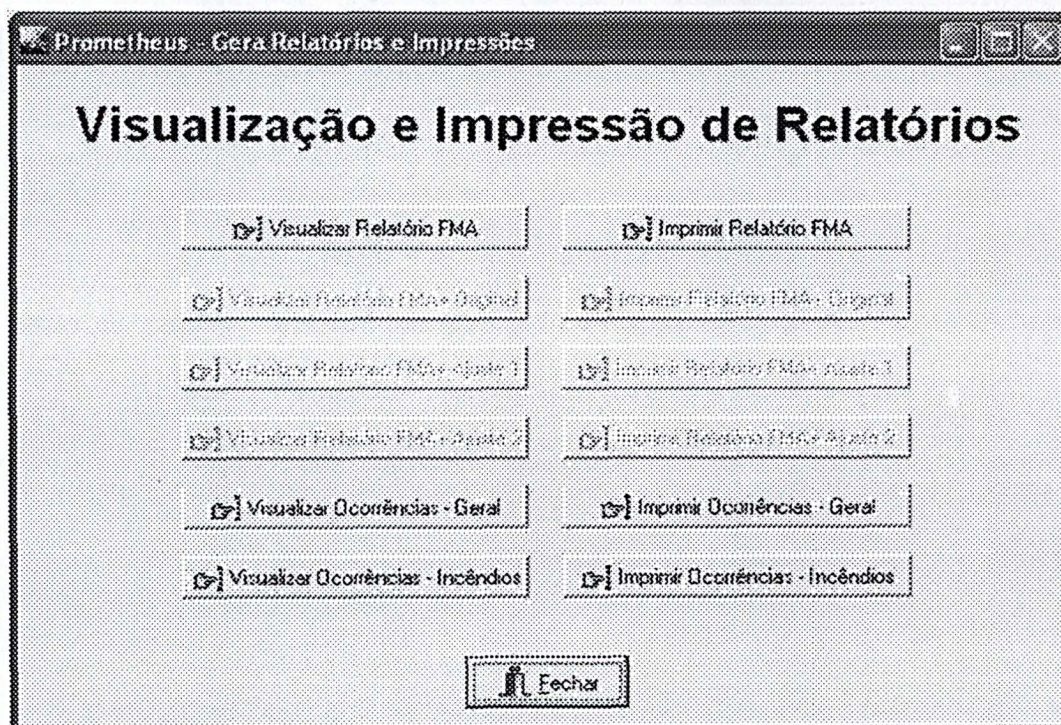
Exportar Fechar

Na janela de Consulta a Dados de Ocorrência de Incêndios, também existe um botão chamado **Exportar** cuja função é exportar para os formatos Excel, HTML e para a área de transferência. Esta opção permite tanto exportar para um arquivo no diretório **c:\Incendios\Exporta** como apenas visualizar o arquivo na opção escolhida. Neste caso, em função do tamanho da tabela, foram retiradas as opções para exportar para Word-doc e RTF. Esta facilidade é um bom recurso para a geração de relatórios gerados a partir de seleções feitas sobre a base de dados.

4.3.2.15 Relatórios

A opção **Relatórios** deve ser utilizada para a visualização textual e impressão de relatórios, tanto da base de índices de perigo quanto da base de ocorrência de incêndios. A Figura 80 ilustra a janela de seleção do relatório, permitindo a sua visualização na tela ou a sua impressão. A Figura 81 apresenta um relatório de índices de perigo e as Figuras 82 e 83 ilustram relatórios de ocorrência.

FIGURA 80 – JANELA DE SELEÇÃO DE RELATÓRIO



Convém observar que em função da configuração feita pelo usuário, só estará habilitada a opção feita pelo mesmo.

FIGURA 81 – RELATÓRIO DE ÍNDICE DE PERIGO – FMA⁺

Prontuario - Visualização de Impressão

Índice de Perigo de Incêndios - FMA⁺ Original

Data	Umidade Relativa	Precipitação	Vento m/s	Valor da FMA ⁺	Nível de Perigo
01/06/1998	57,30	0,00	1,30	1,5722	nulo
02/06/1998	80,70	0,00	2,10	3,4151	pequeno
03/06/1998	53,40	0,00	4,50	5,6476	pequeno
04/06/1998	51,70	0,00	7,20	8,4534	médio
05/06/1998	51,70	0,00	9,30	11,5236	médio
06/06/1998	50,20	0,00	1,60	10,5398	médio
07/06/1998	80,70	0,00	3,20	13,1622	médio
08/06/1998	56,50	0,00	4,20	15,7931	alto
09/06/1998	57,30	0,00	1,20	15,8382	alto
10/06/1998	49,50	0,00	1,20	17,8535	alto
11/06/1998	51,30	0,40	0,00	18,2085	alto
12/06/1998	65,10	0,00	4,80	21,3040	alto
13/06/1998	54,10	0,00	4,80	25,8143	muito alto
14/06/1998	64,30	0,00	6,70	28,8838	muito alto
15/06/1998	55,10	0,00	2,50	26,3618	muito alto
16/06/1998	80,50	0,00	6,60	31,8043	muito alto
17/06/1998	70,00	0,00	3,00	30,3688	muito alto
18/06/1998	80,50	0,00	2,40	31,5348	muito alto
19/06/1998	74,40	26,40	5,50	0,0000	nulo
20/06/1998	77,50	0,00	6,30	1,5501	nulo
21/06/1998	54,40	0,00	3,30	3,2443	pequeno
22/06/1998	57,30	0,00	2,40	5,0307	pequeno
23/06/1998	57,10	0,00	1,30	6,3940	pequeno
24/06/1998	51,10	3,60	0,00	6,3401	pequeno
25/06/1998	57,10	0,00	5,70	8,5756	médio

FIGURA 82 – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS – INFORMAÇÕES GERAIS

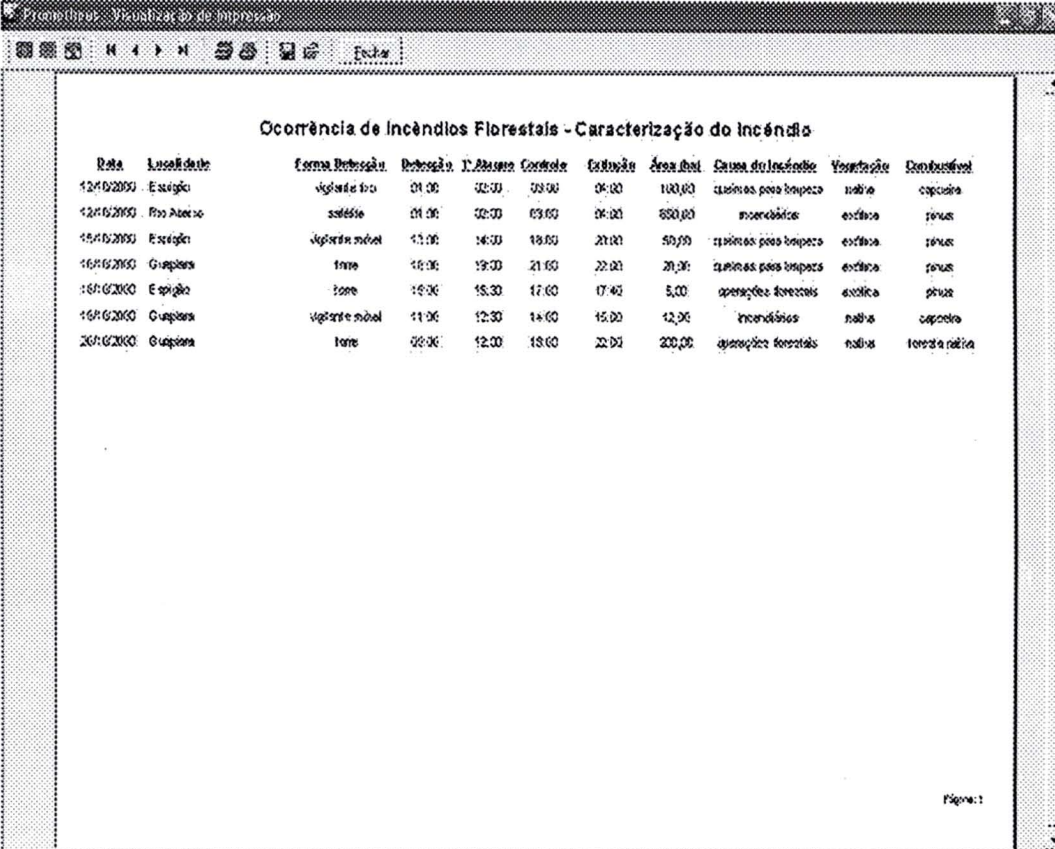
Prontuario - Visualização de Impressão

Ocorrência de Incêndios Florestais - Informações Gerais

Data	Localidade	Município	Estado	Latitude	Longitude	Altitude	Idade Semana	Nº Combateiros
12/10/2000	Espigão	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	945	semana 10	5
12/10/2000	San. João	Mandacaru	Pernambuco	22°12'00"S	47°22'00"W	940	semana 10	17
15/10/2000	Espigão	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	945	semana 10	10
16/10/2000	Guapira	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	940	semana 10	6
18/10/2000	Espigão	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	945	semana 10	11
19/10/2000	Guapira	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	940	semana 10	5
20/10/2000	Guapira	Mandacaru	Pernambuco	22°22'22"S	47°22'22"W	945	semana 10	10

Página: 1

FIGURA 83 – RELATÓRIO DE OCORRÊNCIAS DE INCÊNDIOS – CARACTERIZAÇÃO DO INCÊNDIO



Ocorrência de Incêndios Florestais - Caracterização do Incêndio

Data	Localidade	Forma Detecção	Detecção	1. Alerta	Controle	Extinção	Área (ha)	Causa do Incêndio	Vegetação	Dominância
12/05/2000	Esatigão	vigilante fixo	01:00	02:00	03:00	04:00	100,00	queimada pelo fogo	matas	capoeira
12/05/2000	Pro Alencar	satélite	01:00	02:00	03:00	04:00	500,00	incendiária	ecótono	pinus
15/05/2000	Esatigão	vigilante móvel	11:00	14:00	18:00	21:00	50,00	queimada pelo fogo	ecótono	pinus
16/05/2000	Gurupira	fone	16:00	19:00	21:00	22:00	20,00	queimada pelo fogo	ecótono	pinus
16/05/2000	Esatigão	fone	16:00	18:30	17:00	17:40	5,00	operação florestal	ecótono	pinus
16/05/2000	Gurupira	vigilante móvel	11:00	12:30	14:00	15:00	12,00	incendiária	matas	capoeira
20/05/2000	Gurupira	fone	02:00	12:00	13:00	22:00	200,00	operação florestal	matas	terceira mata

Figura 1

4.3.2.16 Gráficos

A opção **Gráficos** deve ser utilizada para a visualização gráfica das variáveis que são utilizadas para o cálculo do índice escolhido como a umidade relativa, a precipitação, o vento (quando for o caso) e do valor do índice escolhido.

Vale observar que em função da configuração feita pelo usuário, só serão apresentadas as variáveis referentes à sua escolha.

As Figuras 84, 85 e 86 apresentam os gráficos de umidade relativa, vento e dos valores de FMA⁺.

FIGURA 84 – GRÁFICO DA UMIDADE RELATIVA

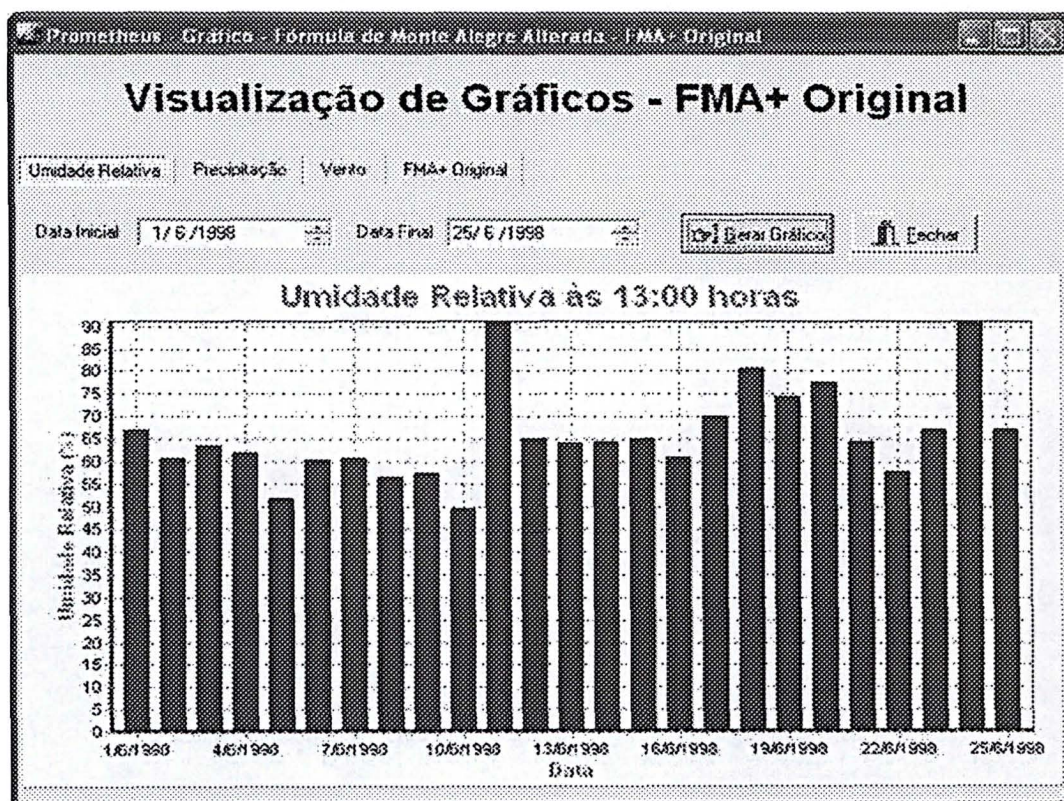


FIGURA 85 – GRÁFICO DO VENTO

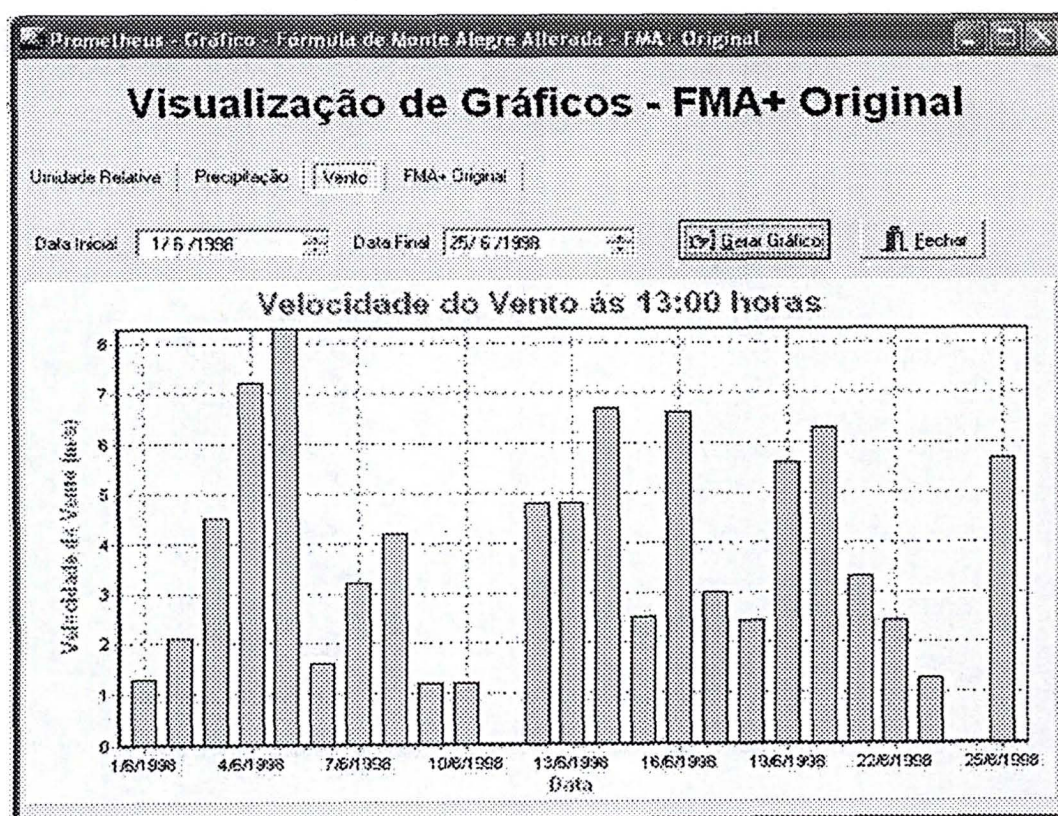
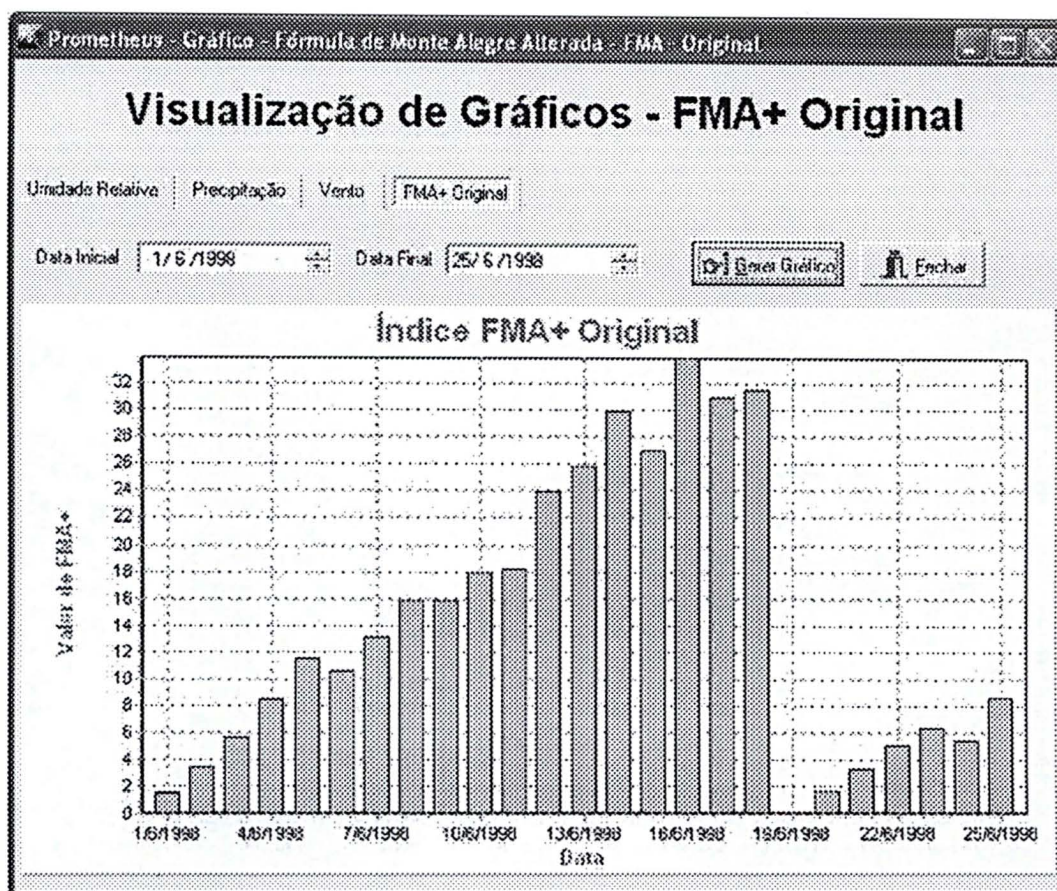


FIGURA 86 – GRÁFICO DOS VALORES DE FMA⁺

4.3.2.17 Auxílio à tomada de decisão

A opção **Auxílio à Tomada de Decisão** tem a função de contribuir para que o usuário tenha a todo tempo uma base de que decisões devem ser tomadas em relação à evolução do grau de perigo ao longo do tempo.

O sistema deverá informar ao usuário, em função do grau de perigo observado, as medidas preventivas que deverão ser tomadas, conforme descrito nas Tabelas 34, 35 e 36.

TABELA 34 – MEDIDAS PREVENTIVAS PARA CADA GRAU DE PERIGO

Grau de Perigo	Medidas Preventivas
Nulo	Não existe perigo de incêndios. Deve-se usar esse período para iniciar o treinamento de pessoal e planejamento das atividades. Inicia-se a manutenção de aceiros, estradas, acesso aos pontos de captação de água e a revisão de todas as ferramentas, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos, veículos e sistema de comunicação. A vigilância preventiva pode ser desmobilizada. As torres não precisam operar.
Pequeno	O perigo de incêndios é pequeno. Deve-se usar esse período para intensificar o treinamento de pessoal e planejamento das atividades. Intensifica-se a manutenção de aceiros, estradas, acesso aos pontos de captação de água e a revisão de todas as ferramentas, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos, veículos e sistema de comunicação. A vigilância preventiva pode ser reduzida. As torres não precisam operar.
Médio	O perigo de incêndios é médio. Os meios de controle como equipes de combate, ferramentas, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos, veículos e sistema de comunicação devem estar em condições de serem usados. Os aceiros, estradas e acesso a pontos de captação de água devem estar em boas condições. Veículos e equipamentos de comunicação devem ser ligados e testados diariamente. As torres começam a operar.
Alto	O perigo de incêndios é alto. Os meios de controle como equipes de combate, ferramentas, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos e veículos e sistema de comunicação devem estar em condições de serem usados. A vigilância preventiva deve ser intensificada, aumentando o período de operação das torres e de vigilância móvel. A passagem por áreas críticas será limitada. As operações agrícolas e florestais que usam fogo devem ser limitadas. Veículos e equipamentos de comunicação devem ser ligados e testados pelo menos duas vezes ao dia.
Muito Alto	O perigo de incêndios é muito alto. Os meios de controle como equipes de combate, ferramentas, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos e veículos e sistema de comunicação devem estar em condições de serem usados. A vigilância preventiva deve ser intensificada, aumentando o período de operação das torres e de vigilância móvel. A passagem por áreas críticas será muito limitada, não se permitindo o uso do fogo nas proximidades dessas áreas. As operações agrícolas e florestais que usam fogo devem ser suspensas. A população deve ser avisada por veículos de comunicação como rádio e televisão para que tome medidas preventivas. Equipes de primeiro combate devem ficar de plantão para qualquer eventualidade.

TABELA 35 – COMPORTAMENTO DO FOGO PARA CADA GRAU DE PERIGO

Grau de Perigo	Comportamento do Fogo
Nulo	A ignição é difícil. O tamanho das chamas é pequeno, podendo o fogo se extinguir por si só. O comprimento das chamas em pastagens e reflorestamentos é menor que 0,5m e a taxa de propagação é menor que 0,15 quilômetros por hora.
Pequeno	A ignição se inicia prontamente, mas se propaga lentamente. O comprimento das chamas em pastagens e reflorestamentos é menor que 1 m e a taxa de propagação é menor que 0,3 quilômetros por hora.
Médio	A ignição é imediata e se propaga rapidamente, atingindo a camada mais baixa das árvores. O comprimento das chamas em pastagens e reflorestamentos fica entre 1 e 2 m e a taxa de propagação entre 0,3 e 1,5 quilômetros por hora.
Alto	A ignição é imediata e se propaga muito rapidamente, com incêndios de copas e fagulhamento à curta distância. O comprimento das chamas fica entre 2 e 5 m e a taxa de propagação entre 1,5 e 2,0 quilômetros por hora.
Muito Alto	A ignição é imediata e o fogo se propaga extremamente rápido, com fagulhamento à longa distância nesses tipos de combustíveis. O comprimento das chamas fica entre 5,0 e 15 metros ou mais. A taxa de propagação na frente do fogo pode ser superior a 4,0 quilômetros por hora.

TABELA 36 – DIFICULDADE DE SUPRESSÃO DO FOGO PARA CADA GRAU DE PERIGO

Grau de Perigo	Dificuldade de Supressão do Fogo
Nulo	O ataque direto é viável com ferramentas básicas de combate. Qualquer fogo que possa ocorrer é facilmente combatido por ataque direto.
Pequeno	O ataque direto é viável com ferramentas básicas de combate. Qualquer fogo que possa ocorrer é facilmente combatido por ataque direto.
Médio	O ataque direto não é seguro por períodos longos. A melhor forma de combate deve combinar tanques de água e contra-fogo.
Alto	O ataque direto não é viável. Não se deve aproximar do fogo. Contra-fogo combinado com suporte aéreo são os únicos meios efetivos de combate.
Muito Alto	Qualquer forma de combate fica impossibilitado até que as condições meteorológicas mudem. O uso de contra-fogo é perigoso e deve ser evitado.

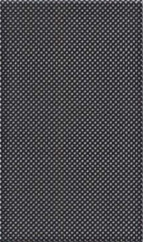
As informações sobre as Medidas Preventivas a serem tomadas, o Comportamento do Fogo e as Dificuldades de Supressão do Fogo para cada grau de perigo, fornecem ao usuário um suporte aos principais problemas que podem ser enfrentados para o manejo do fogo. A Figura 87 apresenta a janela de auxílio à tomada de decisão.

FIGURA 87 – JANELA DE AUXÍLIO À TOMADA DE DECISÃO


Prometheus - Auxílio à Tomada de Decisão

Auxílio à Tomada de Decisão

Grau de Perigo	Medidas Preventivas
<input type="radio"/> Nulo <input type="radio"/> Pequeno <input type="radio"/> Médio <input type="radio"/> Alto <input checked="" type="radio"/> Muito Alto	<p>O perigo de incêndios é muito alto. Os meios de controle como equipes de combate, terramentos, equipamentos de proteção individual, demais equipamentos e veículos e sistema de comunicação estão em condições de serem usados. A vigilância preventiva deve ser intensificada, aumentando o período de operação das torres e de vigilância móvel. A passagem por áreas críticas será muito limitada, não se permitindo o uso do fogo nas proximidades dessas áreas. As operações agrícolas e florestais que usam fogo devem ser suspensas. A população e entidades de proteção devem ser avisadas por veículos de comunicação como rádio e televisão para que tome medidas preventivas. Equipe (s) de primeiro combate devem ficar de plantão para qualquer eventualidade.</p>

Cor Indicativa	Comportamento do Fogo
	<p>A ignição é imediata e o fogo se propaga extremamente rápido, com fagulhamento à longa distância nesses tipos de combustíveis. O comprimento das chamas fica entre 5,0 e 15 metros ou mais. A taxa de propagação na frente do fogo pode ser superior a 4,0 quilômetros por hora.</p>

Dificuldade de Supressão do Fogo
<p>Qualquer forma de combate fica impossibilitada até que as condições meteorológicas mudem. O uso de contra-fogo é perigoso e deve ser evitado.</p>

 Fechar

5 CONCLUSÕES

5.1 AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA - FMA⁺

A partir dos resultados obtidos conclui-se que a FMA⁺ pode ser utilizada em todo o estado do Paraná, de acordo com as três regiões definidas a partir dos ajustes realizados nas escalas de perigo.

Os resultados das análises de desempenho apresentaram resultados significativos, o que permite a sua utilização de forma segura em todo o estado do Paraná.

Sugere-se um acompanhamento de seu desempenho ao longo do tempo com o fim de avaliar a sua adequação a um local mais específico.

5.2 ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

O sistema especificado pode ser desenvolvido utilizando qualquer linguagem de programação visual capaz de manipular uma base de dados relacional.

A estrutura de dados apresentada é adequada a qualquer Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional existente no mercado, o que possibilita a sua implementação em qualquer plataforma de *software* que apresente esta característica.

5.3 PROMETHEUS – SISTEMA INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

O sistema Prometheus foi desenvolvido para a plataforma Windows XP, tendo como princípio de desenvolvimento oferecer uma interface simples ao usuário.

Testes do sistema na plataforma Windows 98 funcionaram normalmente, o que possibilita a sua instalação nesse ambiente.

A preocupação com a segurança do sistema e a integridade dos dados permitem ao usuário a proteção de seus dados e a recuperação dos mesmos em casos de eventos catastróficos, desde que sejam adotadas políticas de retirada de cópias de segurança.

REFERÊNCIAS

BATISTA, A. C. **Incêndios florestais**. Recife: UFRPE,, 115 p. 1990.

BROWN, A. A.; DAVIS, K. P. **Forest fire: control and use**. New York, McGraw-Hill, 2nd. Ed., 686 p. 1973

CHENEY, N. P. Predicting fire behavior with fire danger tables. **Australian Forestry**, v. 32, n. 2, p. 71-79. 1968.

DATE, C.J. **Introdução a Sistemas de Bancos de Dados**. (7a Edição) Editora Campus, 2000.

GANE, C. e SARSON, T. **Análise Estruturada de Sistemas**. Livros Técnicos e Científicos, Rio de Janeiro, 18ª edição. 257 p. 1995.

DAVIS, K. P. **Forest Fire: Control and Use**. McGraw-Hill. New York. 584 p. 1959.

HEIKKILÄ, T. V.; GRONOVIST, R.; JURVÉLIUS, M. **Handbook on Forest Fire Control**. Forestry Training Programme Publication 21. Helsinki, 239 p. 1993.

LOWE, J. D. **Wildland Firefighting Practices**. Thomson Learning, 348 p. 2001.

MANTA, M. I. **Estudio de la estructura y funcionamiento de dos índices de peligro meteorológico de Incendios forestales. Aplicación a tres zonas climáticas de España Peninsular. Tesis doctoral** - Madrid, 2003. 355 p. Departamento de Ingeniería Forestal - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes - Universidad Politécnica de Madrid.

NAYA, A. **Meteorología superior**. Espasa Calpe, Madrid, 546 p. 1984.

NELSON, R. M. J. An effective wind spread for models of fire spread. **International Journal of Wildland Fire** v. 11, p. 153-161, 2002.

NUNES, J. R. S. **FMA⁺ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil**. Curitiba, 2005, 150p. (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

NUNES, J. R. S., SOARES, R. V., BATISTA, A. C. 2005. FMA⁺ - Um novo índice de perigo de incêndios florestais para o estado do Paraná. In: II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal, Blumenau - SC. 2005, **Anais do II Seminário de Atualidades em Proteção Florestal**, Blumenau. UFPR/FURB/FUPEF,, v. 1. p. 1-12.

NUNES, J. R. S., SOARES, R. V. e BATISTA, A. C. Estimativa da umidade relativa das 13:00 com base nos dados de 9:00h, para o estado do Paraná. **Revista Floresta**, v.35, n. 2. p. 247-258, 2005.

NUNES, J. R. S., SOARES, R. V. e BATISTA, A. C. FMA⁺ - Um Novo Índice de Perigo de Incêndios Florestais para o Estado do Paraná – Brasil. **Revista Floresta**, v.36, n. 1 p. 75-91. 2006.

POMPILHO, S. **Análise Essencial. Guia Prático de Análise de Sistemas**. IBPI Press, 1995.

PYNE, S. J. **Wildland fire – Fire management in the United States**. New York: Wiley & Sons, 769 p, 1984.

ROTHERMEL, R. C. How to predict the spread and intensity of forest and range fires. **USDA. Forest Service**, Report INT-143, 161 p. 1983.

SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos - SP**. Curitiba, 1999. 157p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

SCHROEDER, M. J.; BUCK, C. C. **Fire weather**. USDA Forest Service, Agriculture Handbook 360. 229 p. 1970.

SILBERSCHATZ, A., KORTH, H., SUDARSHAN, S. **Sistema de Bancos de Dados (3a Edição)**. Makron Books, 1999.

SOARES, R. V. Índices de perigo de incêndio. **Revista Floresta**, v. 3, n. 3, p.19-40, 1972. 1972a.

SOARES, R. V. **Determinação de um índice de perigo de incêndio para a região centro paranaense, Brasil**. Turrialba, Costa Rica, CATIE/IICA,. 72 p. (Tese de Mestrado). 1972b.

SOARES, R. V. Prevenção e controle de incêndios florestais. ABEAS, 120 p. 1984.

SOARES, R. V. **Incêndios Florestais: controle e uso do fogo**. Curitiba, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 213 p. 1985.

SOARES, R. V. Comparação entre quatro índices na determinação do grau de perigo de incêndios no município de Rio Branco do Sul -PR. **Revista Floresta**, v.17, n.1/2, p. 31-35,. 1987.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais. **Cerne**, v. 04, n. 1, p.87-99. 1998a.

SOARES, R. V. Comparação entre o Índice de Perigo de Incêndio da Rigesa e a “Fórmula de Monte Alegre” 10 p. 1998b (não publicado).

SOARES, R. V. Effects of a pine plantation prescribed burning on soil chemical properties in the savanna region of Minas Gerais state, Brazil”. Coimbra, Universidade de Coimbra, **Proceedings of the International Conference on Forest Fire Research**: C.06-1-9. 1990.

SOARES, R. V. Ocorrência de incêndios em povoamentos florestais. **Revista Floresta**, v. 22, p. 39-53. 1992.

SOARES, R. V. Desempenho da “Fórmula de Monte Alegre” índice brasileiro de perigo de incêndios florestais.. **Cerne**, v. 04, n. 1, p.87-99. 1998.

SOARES, R. V., 1998b. Comparação entre o Índice de Perigo de Incêndio da Rigesa e a "Fórmula de Monte Alegre" 10 p. (não publicado).

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e Climatologia Florestal**. Curitiba, 195 p. 2004.

TREWARTHA, G. T. e HORN, L. H. **Köppen's classification of climates**. In: **An Introduction to climate**. McGraw-Hill, New York, pp. 397-403. 1980

VAREJÃO-SILVA, M.A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília, Instituto Nacional de Meteorologia, 515 p. 2000.

VAREJÃO-SILVA, M.A.; REIS, A. C. S. **Agrometeorologia e climatologia tropicais**. Brasília, ABEAS, 90 p. 1988.

VÉLEZ, R. **La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y experiencias**. Editado por A. García. Madrid, España. Mc. Graw Hill. 2000.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 449 p. 1991.

VIEGAS, D. X. Weather, fuel status and fire occurrence: predicting large fires. **Large Forest Fires**. Backhuys Publishers, Leiden, p. 31-48. 1997

VIEGAS, D. X.; BOVIO, G; CAMIA, A. **Testing meteorological fire danger methods in Southern Europe**. 38 p. (não publicado) *apud* SAMPAIO, O. B. **Análise da eficiência de quatro índices na previsão de incêndios florestais para a região de Agudos - SP**. Curitiba, 1999. 157p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná.

VIEGAS, D. X.; NETO, L. P. C. Wall shear stress as a parameter to correlate the rate of spread of a wind introduced forest fire. **International Journal of Wildland Fire** v. 1, n. 3, p. 177-188. 1991.

VIEGAS, D. X. On the existence of a steady state regime for slope and wind driven fires. **International Journal of Wildland Fire** v. 13, n. 1, p. 101-117. 2004a.

VIEGAS, D. X., VIEGAS, M. T. A relationship between rainfall and burned area for Portugal. **International Journal of Wildland Fire** v. 4, n. 1, p. 11-16. 1994

VIEGAS, D. X., SOL, B., BOVIO, G., NOSENZO, A., FERREIRA, A. D. Comparative study of various methods of fire danger evaluation in southern Europe. In: Proceedings of the II International Conference On Forest Fire Research, Coimbra, 1994, pp.571-590

YOURDON, E. **Análise Estruturada Moderna**. Editora Campus, 1992.

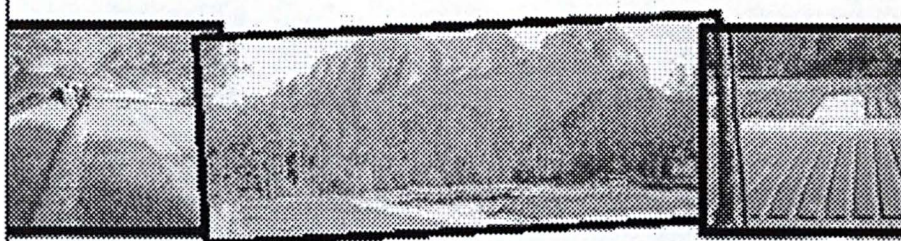
**APÊNDICE - ARTIGOS PUBLICADOS OU SUBMETIDOS À PUBLICAÇÃO E A
EVENTOS NO DECORRER DO CURSO**



"Un futuro verde para un futuro sostenible"

SIMFOR 2006

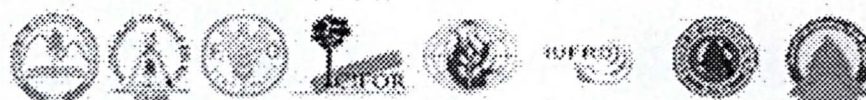
IV Simposio Internacional sobre el Manejo Sostenible
de los Recursos Forestales
I Taller Internacional sobre Manejo del Fuego



Trabajos Completos

19 al 22 de abril, 2006
Pinar del Río, Cuba

ISBN 959-16-0408-4



ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

José Renato Soares Nunes*, Ronaldo Viana Soares**, Antônio Carlos Batista***

* Doutor em Engenharia Florestal, Pós-doutorando no Departamento de Ciências Florestais da UFPR, zerenato@floresta.ufpr.br

** Doutor em Engenharia Florestal pela University of Washington, Seattle, Estados Unidos (1977), Pós-Doutorado pela University of California, UC, EUA (1992), professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, rvsoares@floresta.ufpr.br

*** Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR (1995), professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR - batista@floresta.ufpr.br

Resumo

Especificação de um sistema computacional integrado de incêndios florestais. Os objetivos deste trabalho foram especificar um sistema computacional, utilizando a modelagem funcional, que permita calcular o índice de perigo de incêndios florestais pela Fórmula de Monte Alegre – FMA (Soares, 1972) e Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA* (Nunes, 2005) e armazenar informações referentes à ocorrência de incêndios florestais, permitindo a geração de estatísticas sobre índices de perigo e sobre a ocorrência de incêndios florestais. Após a análise do problema foram criados o Diagrama de Contexto e os Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1 e de Nível 2 e Diagrama de Entidade-Relacionamento de acordo com as técnicas de modelagem funcional segundo Yourdon (1992), Gane (1995) e Pompilho (1995) e de modelagem de dados segundo Silberschatz (1999). Foram também definidas as funcionalidades de todos os processos que irão compor o futuro Sistema Integrado de Incêndios Florestais. Outras funcionalidades foram incorporadas na especificação como a correção da umidade relativa, o cálculo da umidade relativa a partir das temperaturas obtidas em um psicrômetro e uma medida da eficiência dos índices de perigo adotados. Na especificação do Modelo Conceitual foi feita a descrição do banco de dados de maneira independente do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados - SGBD, ou seja, foram definidos quais os dados que irão fazer parte do banco de dados, sem se importar com a sua implementação. Desta forma, há uma abstração em relação ao SGBD, permitindo que o mesmo seja implementado em qualquer tipo de SGBD. Na especificação do Modelo Lógico foi feita a descrição do banco de dados considerando a adoção de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional

Palavras Chave: sistema de incêndios florestais, banco de dados de incêndios florestais, proteção florestal

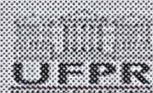
Abstract

Specification of an integrated wildfire computational system. The main objectives of this paper were to specify a computational system, using the functional modeling, that allows to calculate the forest fire danger index through for the Monte Alegre Formula - FMA (Soares, 1972) and the Modified Monte Alegre Formula - FMA* (Nunes, 2005) and to store information of forest fire occurrence, allowing the generation of danger index and forest fire occurrence statistics. From the analysis of the problem, the Context Diagram, the Level 1 and Level 2 Data-Flow Diagrams, and the Entity-Relationship Diagram were created, in accordance with the techniques of functional modeling (Yourdon, 1992; Gane, 1995 and Pompilho, 1995). The process functionalities that will compose the future Integrated Forest Fire System was also defined. In the specification of the Conceptual Model the description of the data base in independent way of the Data Base Management System – DBMS was made. This abstraction in relation to the DBMS, allow its implementation in any type of DBMS. In the specification of the Logical Model the description of the data base considering the adoption of a Relational Data Base Management System was made.

Keywords: wildfire prevention system, wildfire data base, forest protection

ISSN 0015-3826

FLORESTA



ESPECIFICAÇÃO DE UM SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

José Renato Soares Nunes*, Ronaldo Viana Soares**, Antônio Carlos Batista***

*Eng. Florestal, Dr., Pós-Doutorando em Engenharia Florestal, UFPR - zerenato06@yahoo.com.br

**Eng. Florestal, Ph.D., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - rvsoares@ufpr.br

***Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - batistaufpr@ufpr.br

Recebido para publicação: 03/02/2006 – Aceito para publicação: 16/06/2006

Resumo

O objetivo deste trabalho é especificar um sistema computacional, utilizando a modelagem funcional, que permita calcular o índice de perigo de incêndios florestais pela Fórmula de Monte Alegre (FMA) e Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) e armazenar informações referentes aos incêndios florestais, permitindo também a geração de estatísticas sobre índices de perigo e ocorrência de incêndios florestais. Após a análise do problema, foram criados o Diagrama de Contexto, os Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1 e de Nível 2 e o Diagrama de Entidade-Relacionamento, de acordo com as técnicas de modelagem funcional e modelagem de dados. Foram definidas as funcionalidades de todos os processos que irão compor o futuro Sistema Integrado de Controle de Incêndios Florestais. Na especificação do Modelo Conceitual, foi feita a descrição do banco de dados de maneira independente do Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), permitindo que ele seja implementado em qualquer tipo de SGBD. Na especificação do Modelo Lógico, foi feita a descrição do banco de dados considerando a adoção de um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados Relacional.

Palavras-chave: Sistema de incêndios florestais; banco de dados de incêndios florestais; proteção florestal.

Abstract

Specification of an integrated wildfire control computational system. The main objectives of this paper were to specify a computational system, using the functional modeling, that allows to calculate the forest fire danger index through the Monte Alegre Formula - FMA and the Modified Monte Alegre Formula - FMA⁺ and to store information of forest fire occurrence, allowing the generation of danger indices and forest fire occurrence statistics. From the analysis of the problem, the Context Diagram, the Level 1 and Level 2 Data-Flow Diagrams, and the Entity-Relationship Diagram were created, in accordance with the techniques of functional modeling. The process functionalities that will compose the future Integrated Forest Fire Control System was also defined. In the specification of the Conceptual Model the description of the data base in independent way of the Data Base Management System – DBMS was carried out. This abstraction in relation to the DBMS allows its implementation in any type of DBMS. In the specification of the Logical Model the description of the data base considering the adoption of a Relational Data Base Management System was made.

Keywords: Wildfire prevention system; wildfire data base; forest protection.

INTRODUÇÃO

Os incêndios florestais no Brasil tornam-se a cada ano mais críticos, com o aumento da extensão da área queimada e os conseqüentes danos ao ambiente e à produção florestal. A falta de um programa institucional consistente é um dos grandes problemas que contribuem para que esse cenário se agrave, apesar do aperfeiçoamento das técnicas de controle de incêndios florestais disponíveis. A melhoria das técnicas de prevenção e combate não pode ser conseguida pela simples adoção de tecnologias que outros países já desenvolveram, mas sim através de programas que visem aprimorar e aproveitar as experiências existentes, desenvolvendo-se novas tecnologias, com a devida adequação à realidade brasileira.

A ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições

AJUSTE DA FÓRMULA DE MONTE ALEGRE ALTERADA (FMA⁺) PARA O ESTADO DO PARANÁ

José Renato Soares Nunes*, Ronaldo Viana Soares**, Antônio Carlos Batista***

*Eng. Florestal, Dr., Pós-doutorando em Eng. Florestal, UFPR - zerenato@floresta.ufpr.br

**Eng. Florestal, Ph.D., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - rvsoares@ufpr.br

***Eng. Florestal, Dr., Depto. de Ciências Florestais, UFPR - batistaufpr@ufpr.br

Recebido para publicação: 12/07/2006 – Aceito para publicação: 30/10/2006

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de dados meteorológicos e de ocorrência de incêndios florestais das regiões de Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais e Telêmaco Borba no estado do Paraná. O objetivo consistiu em ajustar a Fórmula de Monte Alegre Alterada (FMA⁺) para o estado do Paraná estudando o seu desempenho em várias regiões do estado. Os dados meteorológicos referem-se a um período de 5 anos, entre 01/06/1998 e 31/05/2003. Os dados de ocorrências de incêndios foram analisados ao longo de diferentes períodos dentro desses 5 anos. Foram feitas análises de desempenho para a FMA⁺ em cada região, utilizando-se o método *skill score*. Os resultados mostraram que a FMA⁺ deve ter três escalas de perigo distintas para as dez regiões estudadas. A escala de perigo original deve ser utilizada na área central do estado, onde se encontram as regiões de Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava e Telêmaco Borba. A segunda deve ser utilizada no extremo norte do estado, compreendendo as regiões de Cambará e Paranavaí e a terceira deve ser utilizada para o restante do estado, validada pelas regiões de Campo Mourão, Londrina, Palmas e Pinhais.

Palavras-chave: Índice de perigo de incêndio; controle de incêndios; proteção florestal.

Abstract

Adjust of the 'Monte Alegre Formula (FMA⁺) for the Parana state. This study was developed utilizing meteorological and forest fire occurrence data from 10 regions of Paraná state: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranavaí, Pinhais and Telêmaco Borba. Collected data referred to a five year period, from June 1998 to May 2003. The main objective of this research was to adjust the Modified Monte Alegre Formula (FMA⁺) for the state of Parana, based on the performance analysis of this index using the skill score method. The results showed that three different danger scales should be used in the State. The original danger class scale is to be used in the central state area, represented by the Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava and Telêmaco Borba regions. A second danger class scale is to be used in the northern area, represented by the Cambará and Paranavaí regions and a third scale validated by the Campo Mourão, Londrina, Palmas and Pinhais regions, should be used in the remaining State areas.

Keywords: Fire danger index; fire control; forest protection.

INTRODUÇÃO

Anualmente são observadas várias ocorrências de incêndios no estado do Paraná, em áreas de reflorestamento, campo nativo e em unidades de conservação sob administração estadual e federal, o que vem preocupando os órgãos responsáveis pela política ambiental do estado pelos prejuízos causados, tanto no aspecto econômico quanto na biodiversidade, como os danos causados à flora, à fauna e ao solo.

Apesar de existir um monitoramento permanente dos fatores que influem na possibilidade de ocorrência de incêndios florestais, a falta de uma política de prevenção e educação da população contribui para o agravamento do problema. Dentre as medidas preventivas existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente tanto das medidas de prevenção como para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate, visando a redução das perdas e dos prejuízos financeiros e ambientais advindos da ocorrência de eventos catastróficos (SOARES, 1984; BATISTA, 1990).

PROMETHEUS - SISTEMA COMPUTACIONAL INTEGRADO DE CONTROLE DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

José Renato Soares Nunes*, Ronaldo Viana Soares**, Antônio Carlos Batista***

* Doutor em Engenharia Florestal, Pós-doutorando no Departamento de Ciências Florestais da UFPR, zerenato@floresta.ufpr.br

** Ph.D. pela University of Washington, Seattle, Estados Unidos (1977), Pós-Doutorado pela University of California, EUA (1992), professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR, rvsoares@ufpr.br

*** Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR (1995), professor do Departamento de Ciências Florestais da UFPR - batistaufpr@ufpr.br

Resumo

Prometheus - sistema computacional integrado de controle de incêndios florestais. Os objetivos deste trabalho foram desenvolver um sistema computacional, utilizando a modelagem funcional, que permita calcular o índice de perigo de incêndios florestais pela Fórmula de Monte Alegre – FMA e Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺ Original, Ajuste 1 e Ajuste 2 e armazenar informações referentes às ocorrências de incêndios florestais, permitindo a geração de estatísticas sobre índices de perigo e ocorrência de incêndios florestais, apartir do Diagrama de Contexto, dos Diagramas de Fluxo de Dados de Nível 1 e de Nível 2 e do Diagrama de Entidade-Relacionamento. O sistema Prometheus foi desenvolvido usando a linguagem Borland Delphi 6.0 com acesso via Borland Database Engine - BDE e base de dados Paradox.

Palavras-chave: sistema de incêndios florestais, banco de dados de incêndios florestais, proteção florestal

Abstract

Prometheus - integrated wildfire control computational system. The main objectives of this paper were to develop a computational system, using the functional modeling, that allows to calculate the forest fire danger index through the Monte Alegre Formula - FMA and the Original, Adjust 1 and Adjust 2 Modified Monte Alegre Formula - FMA⁺ and to store information of forest fire occurrence, allowing the generation of danger indices and forest fire occurrence statistics from the Context Diagram, the Level 1 and Level 2 Data-Flow Diagrams, and the Entity-Relationshipship. The Prometheus system was developed using the Borland Delphi 6.0 language with Borland Database Engine – BDE access and Paradox database.

Keywords: wildfire prevention system, wildfire data base, forest protection

INTRODUÇÃO

Dentre as medidas de prevenção contra incêndios florestais existentes, a utilização de um índice de perigo confiável é fator fundamental para um planejamento mais eficiente de todas as atividades de prevenção e para a adoção de ações rápidas e efetivas nas atividades de combate aos incêndios florestais, visando a redução das perdas e, conseqüentemente, dos prejuízos financeiros advindos da ocorrência de eventos catastróficos.

Os índices de perigo utilizam informações meteorológicas e climatológicas e a qualidade desses dados é vital para o planejamento de prevenção e combate aos incêndios florestais (Soares, 1984, Batista, 1990). A ocorrência e propagação dos incêndios florestais estão fortemente associadas às condições climáticas ou fatores climáticos. A intensidade de um incêndio e a velocidade com que ele avança, estão diretamente ligados à umidade relativa, precipitação, temperatura do ar e velocidade do vento (Cheney, 1968; Schroeder e Buck, 1970; Heikkilä *et al*, 1993).

No Brasil, a falta de informações integradas em âmbito nacional ou mesmo regional e a falta de ferramentas computacionais é um dos sérios problemas para os técnicos que atuam na prevenção e combate aos incêndios florestais. Algumas empresas têm dificuldade em operacionalizar suas atividades de prevenção aos incêndios florestais por falta de uma ferramenta que os auxilie nos cálculos dos índices de perigo ao longo do tempo. A falta de monitoramento e da adoção de políticas preventivas e de combate aos incêndios florestais em determinados biomas e unidades de conservação tem causado prejuízos incalculáveis à biodiversidade.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema computacional, a partir da modelagem funcional (Yourdon, 1992; Gane e Sarson, 1995; Pompilho, 1995) e da modelagem de dados (Silberschatz *et al*, 1999; Date, 2000) visando calcular e armazenar o índice de perigo de incêndios florestais calculado pela Fórmula de Monte Alegre – FMA (Soares, 1972a; Soares, 1972b) e pela Fórmula de Monte Alegre Alterada - FMA⁺



Ajuste de la Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA⁺) para evaluar el riesgo de incendios forestales en el Estado de Paraná, Brasil

José Renato Soares Nunes, Ronaldo Viana Soares, Antonio Carlos Batista¹

Resumen

Esta investigación fue desarrollada a partir de datos meteorológicos diarios (humedad relativa y velocidad del viento a las 13:00 horas y precipitación) de 10 regiones del estado de Paraná, Brasil, representadas por las municipalidades de: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Paranaíba, Pinhais y Telêmaco Borba. También fueron obtenidos datos de la ocurrencia de incendios forestales (fecha de la ocurrencia, hora del inicio y de término del fuego y área afectada) de 7 de las 10 regiones estudiadas: Cambará, Campo Mourão, Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava, Londrina, Palmas, Pinhais y Telêmaco Borba. Los datos analizados se refieren a un período de cinco años, comprendido entre Junio de 1998 hasta Mayo de 2003. El objetivo principal de la investigación fue ajustar la Fórmula de Monte Alegre Modificada (FMA⁺) para diferentes regiones del estado de Paraná, basado en el análisis de funcionamiento del índice utilizando el método *skill score* que utiliza una tabla de contingencia que contiene los valores observados y los valores previstos para un acontecimiento en un período de tiempo. Fueron considerados como no indicativos de probabilidad de la ocurrencia de incendios las clases de peligro Nulo y Pequeño; y como indicativos de probabilidad de la ocurrencia de incendios las clases de peligro Medio, Alto y Muy Alto. Fueron calculados los valores de *skill score* y porcentajes de suceso para cada región. Los resultados demostraron que tres escalas de peligro distintas se deben utilizar en el estado. La escala de peligro original debe ser utilizada en el área central del estado, representada por las regiones de Cândido de Abreu, Cascavel, Guarapuava y Telêmaco Borba. Una segunda escala de peligro debe ser utilizada en el área norteña, representada por las regiones de Cambará y Paranaíba y una tercera escala se debe utilizar en las áreas restantes del estado, representadas por las regiones de Campo Mourão, Londrina, Palmas y Pinhais.

INTRODUCCIÓN

Anualmente son observadas varias ocurrencias de incendios forestales en el estado de Paraná, en áreas de reforestación, de campo nativo y unidades de conservación bajo administración estadual y federal, lo que ha preocupado los organismos responsables por la política ambiental del estado por perjuicios causados, tanto en el aspecto económico como en la biodiversidad, en la flora, en la fauna e al suelo. La falta de políticas de prevención y educación de la población contribuye para que el problema se agrave. De entre las medidas preventivas existentes, la utilización de un índice de peligro confiable es un factor fundamental para un planeamiento más eficiente de las medidas de prevención y para la adopción de acciones rápidas y efectivas en las actividades de combate, visando la reducción de pérdidas y

¹ Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil - zerenato@floresta.ufpr.br; rvsoares@ufpr.br; batistaufpr@ufpr.br